PORADNIK TECHNICZNY 2008/2009

Systemy rozdziału energii do 4000 A

legrand®

SPIS TREŚCI

I . A WSTĘP 04

Zrównoważony rozwój 06
Zalety zrównoważonego rozwoju 06
Zmiany, które niesie zrównoważony rozwój 08
Zarządzanie projektem w kontekście zrównoważonego rozwoju 10

I . B ZASILANIE ENERGIĄ ELEKTRYCZNĄ 14

Warunki dystrybucji energii 16
Schemat dystrybucji energii średniego napięcia 17
Schemat dystrybucji energii niskiego napięcia 18
Sposoby dostarczania energii 19
Przyłącza elektryczne 21
Normy 22
Układy sieci średniego napięcia 23
Połączenie mas w instalacjach SN 24
Jakość zasilania i zakłócenia 26
Kompensacja współczynnika mocy 33

Zasilanie 36
Zasilanie główne 37
Zasilanie rezerwowe 37
Zasilanie awaryjne 38
Zasilanie pomocnicze 39

Źródła zasilania 40
Transformatory wysokiego (średniego) i niskiego napięcia 40
Zespoły prądotwórcze 45
UPS 48
Baterie 49

I . C OCHRONA OSÓB I MIENIA 50

Zagrożenia elektryczne 52
Ryzyko porażenia prądem elektrycznym 52
Zasady tworzenia zestawów 66
Ryzyko poparzenia 76
Narażenie na działanie pola elektromagnetycznego 77
Przetężenia 80
Ryzyko występowania przepięć 81
Wyłączenia napięcia 85

Zagrożenie pożarowe 86
Ryzyko powstania pożaru 86
Zasady zabezpieczeń przeciwpożarowych 94
Środki ostrożności na wypadek pożaru 112

Uderzenie pioruna 126
Mechanizmy powstawania pioruna 126
Skutki uderzenia pioruna 128
Ochrona przed skutkami uderzenia pioruna 131

Zakłócania elektromagnetyczne 142
Kompatybilność elektromagnetyczna 142
Sposoby zabezpieczania przed zakłóceniami elektromagnetycznymi 145
Środki ostrożności, które należy zachować w zestawach rozdzielnic, aby uniknąć zakłóceń elektromagnetycznych 154

Wpływ środowiska, rozpad i korozja 162
Warunki środowiskowe 162
Korozja 181
Dobór obudów 200

Ograniczenia mechaniczne 212

Nagrzewanie i wentylacja obudów 218
Ryzyko przegrzania 218
Bilans termiczny 221
Urządzenia chłodzące 228

I.D UKŁADY SIECI 234

Różne rodzaje układów sieci 236
Układ sieci TT (punkt neutralny uziemiony) 236
Układ sieci TN 239
Układ sieci IT (punkt neutralny izolowany lub uziemiony przez impedancję) 243
Separacja 246
Zasilanie przez jeden transformator 246
Zasianie przez transformator specjalny 249
Sposoby uziemiania zespołów prądotwórczych 252
Wybór układu sieci 254
Porównanie poszczególnych układów sieci 254
Układy sieci a kompatybilność elektromagnetyczna 257
Budowa sieci zabezpieczającej 260
Definicje 262

II.A DOBÓR PRZEKROJÓW PRZEWODÓW I ZABEZPIECZEŃ 264

Zabezpieczenie przed zwarciem 266
Zdolność zwarciowa 284
Sprawdzanie dopuszczalnych energii termicznych przewodów 285
Sprawdzanie maksymalnych zabezpieczanych długości 288
Zabezpieczenie przed porażeniem przy dotyku pośrednim 280
Zabezpieczenie w układzie sieci TT 293
Zabezpieczenie w układzie sieci TN 293
Zabezpieczenie w układzie sieci IT 295
Sprawdzanie maksymalnych zabezpieczanych długości 296
Rozwiązania, które stosuje się, jeżeli nie są spełnione warunki zabezpieczeń 301
Obliczanie prądów zwarciowych – przykłady obliczeń 302
Wartość prądu zwarciowego na początku obwodu 302
Wartość prądu zwarcia w dowolnym punkcie obwodu 306
Przykłady obliczeń 309

II.B ROZŁACZNIKI I APARATY ZABEPZIECZAJĄCE 312

Wyłączniki 314
Różne technologie 314
Parametry wyłączników 316
Charakterystyki wyłączników 318
Ograniczenia prądu i energii 320
Wyłączniki powietrzne DMX 322
Gama wyłączników DMX 323
Elektroniczne wyzwalacze nadprądowe 325
Dane techniczne wyłączników DMX 328
Wyposażenie do sterowania 330
Wyposażenie do sygnalizacji 332
Elementy bezpieczeństwa i akcesoria do blokowania 332
Przełączanie zasilania rezerwowego 333
Przyłączanie aparatów DMX 334
Charakterystyki prądowe 336

Wyłączniki mocy DPX 338
Gama wyłączników DPX 338
Parametry wyłączników DPX 340
Wyzwalacze nadprądowe 342
Sposób montowania i przyłączania oraz akcesoria 344
Bloki różnicowoprądowe do DPX 353
Szczególne rodzaje zastosowań 354
Charakterystyki czasowo-prądowe 356
Charakterystyki ograniczania 358
Wyłączniki nadprądowe S 300 360
Gama modułowych wyłączników nadprądowych S 300 360
Parametry wyłączników S 300 362
Parametry wyłączników S 310 363
Wyposażenie dodatkowe do wyłączników S 300 364
Sposób podłączania wyłączników nadprądowych S 300 365
Specjalne zastosowania 366
Charakterystyki 367
Rozłączniki 368
Rozłączniki izolacyjne bez widocznej przerwy stykowej 368
Rozłączniki izolacyjne z widoczną przerwą stykową 369
Rozłączniki izolacyjne o szybkim rozłączeniu 371
Koordynacja aparatów zabezpieczających 372
Koordynacja wyłączników nadprądowych S 300, S 310 i wyłączników DPX 374
Koordynacja bezpieczników topikowych i wyłączników S 300, S 310 378
Koordynacja wyłącznik – rozłącznik 378
Selektywna współpraca aparatów zabezpieczających 380
Wyłączniki różnicowoprądowe 390
Budowa i działanie wyłącznika różnicowoprądowego 390
Aparaty z funkcją różnicowoprądową 392
Selektywność wyłączników różnicowoprądowych 398
Konieczność stosowania II klasy ochronności 398
Ochronniki przeciwprzepięciowe 400
Rodzaje ochronników przeciwprzepięciowych 400
Parametry i typy ochronników 401
Tryb wspólny i tryb różnicowy 404
Miejsce ochronników w instalacji 405
Dobór ochronników 406
Podłączanie ochronników 410
Zabezpieczane długości linii 415
Koordynacja ochronników przeciwprzepięciowych 416
Zabezpieczanie ochronników 417
Ochronniki do gniazd 418
Zabezpieczanie linii telefonicznych 418

II.C FUNKCJE ZWIĄZANE Z EKSPLOATACJĄ ROZDZIELNIC 420
Dokumentacja Techniczno-Ruchowa (DTR) rozdzielnic 422
Wyłączenia konserwacyjne lub serwisowe 422
Definicje (używane słownictwo) 424
Typowe schematy procedur blokowania za pomocą zamków 428
Wykonywanie napraw aparatów 432
Napędy silnikowe i przełączniki zasilania rezerwowego 434
Napędy silnikowe 434
Przełączniki zasilania rezerwowego 435
Sterownik do układów SZR 436
Rozłączanie i wyłączanie awaryjne, rozłączanie izolacyjne 438
Rozłączanie awaryjne 438
Wyłączanie awaryjne 442
Rozłączanie izolacyjne 444

II.D ROZDZIAŁ ENERGII I OKABLOWANIE ROZDZIELNIC ELEKTRYCZNYCH 446

Dobór szyn zasilających 448
Ustalanie przekroju szyn zasilających 448
Ustalanie odległości między wspornikami szyn zasilających 453
Zjawiska magnetyczne związane z zestawami szyn zasilających 460
Sprawdzanie parametrów izolacji 463

Bloki rozdzielcze 466
Wymagania norm 466
Parametry bloków rozdzielczych 467
Różne rodzaje bloków rozdzielczych 472
Równoważenie obciążeń faz 478

Optymalny rozdział energii XL-Part 482
System XL-Part, rozdział energii w rzędzie 483
System rozdziału XL-Part w pionie 486

Przewody 490
Dobór i zastosowanie kabli i przewodów 490
Przekroje przewodów do okablowania zespołów rozdzielnic 497
Szyny zasilające elastyczne 499

II.E ROZDZIELNICE I CERTYFIKOWANIE ZESPOŁÓW ROZDZIELNIC 500

Rozdzielnice XL³ 502
Rozdzielnice XL³ 160 503
Rozdzielnice XL³ 400 505
Rozdzielnice XL³ 800 507
Rozdzielnice XL³ 4000 510

Separacje wewnątrz rozdzielnic elektrycznych 514

Certyfikowanie zespołów rozdzielnic 518
Przepisy prawne 518
Badanie typu 519
Badania konstrukcji 521
Kontrola indywidualna 522
Oznakowanie zestawów rozdzielnic 523

III. PRODUKTY 524

Wyłączniki i rozłączniki powietrzne DMX 524
Wyłączniki i rozłączniki DPX 526
Rozłączniki izolacyjne Vistop i DPX-IS 530
Rozłączniki, wyłączniki nadprądowe i wyłączniki różnicowoprądowe modułowe 532
Bloki rozdzielcze, wsporniki szyn zasilających i system XL-Part 536
Rozdzielnice XL³ 160 548
Rozdzielnice XL³ 400 z wyposażeniem 550
Rozdzielnice XL³ 800 z wyposażeniem 554
Rozdzielnice XL³ 4000 z wyposażeniem 558
Akcesoria do okablowania 567
Gniazda przemysłowe 568

INDEX 569

WSTĘP

Zrównoważony rozwój . . . . . str. 6

W poprzednim wydaniu poradnika technicznego przedstawiliśmy Państwu informacje, które były dowodem naszego zaangażowania w tworzenie optymalnych, proekologicznych rozwiązań. Dążenia firmy nie uległy zmianie. Świat jednak nieustannie się zmienia i z każdym dniem uświadamiamy sobie, że nasza przyszłość zależy w dużej mierze od naszej indywidualnej i zbiorowej postawy.
Problemy dotyczą wielu kwestii, pytania są trudne, dlatego też należy szukać nowych odpowiedzi. Również w naszej dziedzinie...

Obecnie każdego dnia pojawiają się nowe metody badań i certyfikacji produktów, przepisy z zakresu oszczędności zużycia energii oraz rozporządzenia dotyczące eliminacji szkodliwych substancji i zagospodarowania odpadów. W tej sytuacji opracowanie i realizacja wszystkich projektów na każdym etapie – poczynając od koncepcji, poprzez konstrukcję, eksploatację, zarządzanie, konserwację, aż do likwidacji urządzenia i jego składowania powinna charakteryzować się dążeniem do minimalizacji szkodliwego wpływu na środowisko. W centrum problemu pozostają instalacje elektryczne ponieważ przy zachowaniu maksymalnego bezpieczeństwa i niezawodności, materiał, z którego są zbudowane, odgrywa ważną rolę w procesie zużycia energii. Do realizacji funkcji typu ogrzewanie czy oświetlenie dochodzą dzisiaj również takie systemy, jak: klimatyzacja, zabezpieczenie, komunikacja, zdalne sterowanie itd. Budynek, który ma zużywać więcej energii niż jest mu dostarczana, będzie zasilany przez różnorodne źródła energii, w tym energii odnawialnej, wyposażony w sieci wentylacyjne i wymienniki ciepła oraz precyzyjne układy sterowania dostosowane do danych warunków. Niezależnie od przeznaczenia budynku – przemysłowego, usługowego czy mieszkaniowego – głównym celem pozostaje oszczędność, a wszystkie przedsięwzięcia powinny zmierzać do minimalizacji szkodliwego wpływu na środowisko oraz zmniejszenia zużycia energii. W poszukiwaniu nowych i oryginalnych rozwiązań technicznych oraz w realizacji tego wspólnego wyzwania będzie Państwu towarzyszyć firma Legrand.

Zrównoważony rozwój

Pojęcie zrównoważonego rozwoju powinno być powiązane z uświadomieniem sobie miejsca człowieka w świecie, jego niszczącej działalności na planecie, którą zamieszkuje, a także odpowiedzialności za przyszłe pokolenia.

ZALETY ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU

Zrównoważony rozwój zakłada bardziej kooperatywne podejście, a więc przedsięwzięcia, w których główną rolę w transferze i rozpowszechnianiu technik proekologicznych odgrywają międzynarodowe firmy, takie jak Legrand. Dyrektywy europejskie dotyczące ograniczenia niektórych szkodliwych substancji (RoHS: Restriction of Hazardous Substances), stosowania produktów elektrycznych (EUP: Energy Using Products) lub odzyskiwania odpadów (WEEE: Waste Electrical and Electronic Equipment) sprzyjają zastosowaniu nowych technik mających na celu ochronę zdrowia i środowiska. W poszukiwaniu najlepszych rozwiązań w regulacji światowego handlu główną rolę odgrywają czynniki ekonomiczne, nikt nie neguje jednak faktu, że globalizacja ma również charakter proekologiczny.

Poza nową wizją środowiska pojęcie zrównoważonego rozwoju to przede wszystkim relacje człowieka ze społeczeństwem. Pojęcie to łączy w sobie:
– aspekty wolnej woli (tożsamość, odpowiedzialność, różnorodność itp.),
– aspekty społeczne (sprawiedliwość, solidarność, bezpieczeństwo, edukacja itp.),
– aspekty organizacyjne (procesy decyzyjne, informacja, dobre zarządzanie itp.),
– aspekty polityczne (związki z instytucjami itp.),
– aspekty ekonomiczne (planowanie długoterminowe, oczekiwania rynkowe, pojęcie usług, finansowanie, uwewnętrznienie kosztów skażenia środowiska, certyfikacja itp.).

Legrand razem z innymi firmami z branży elektrycznej sformalizował swoje zaangażowanie w ochronę środowiska poprzez podpisanie porozumienia, które ma na celu dążenie do eliminowania szkodliwych substancji ze środowiska.

Dyrektywy europejskie RoHS i WEEE

Podobnie jak baterie i akumulatory, tak i systemy chłodnicze i pojazdy nienadające się do użytku oraz sprzęt elektryczny i elektroniczny są olbrzymim źródłem toksycznych odpadów. W związku z tym problemem zostały opracowane dwie dyrektywy europejskie.

– Dyrektywa 2002/95/CE dotycząca ograniczenia stosowania szkodliwych substancji w niektórych urządzeniach elektrycznych i elektronicznych funkcjonuje pod nazwą RoHS. Jest to skrót od angielskiej nazwy Restriction of Hazardous Substances. Dyrektywa ta ma na celu eliminację niektórych czynników chemicznych lub pierwiastków uznawanych za toksyczne, takich jak: ołów, kadm, rtęć, chrom sześciowartościowy oraz PBB – polibromowany difenyl i BPDE – polibromowany eter difenylowy.
Dzięki tej dyrektywie ulegną polepszeniu warunki recyklingu oraz jego wpływ na osoby biorące udział w tym procesie.

– Dyrektywa 2002/96/CE, która dotyczy odpadów pochodzących ze zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego znana jest pod nazwą WEEE (Waste of Electrical and Electronic Equipments).
Obie dyrektywy zostały przeniesione na grunt polski.

Mimo że sytuacja nie dotyczy urządzeń i systemów firmy Legrand, postanowiono wyprzedzić obowiązujące przepisy i wyeliminować ze swoich wyrobów substancje, które są przedmiotem uwagi normy RoHS.

^ Zniknięcie żółtego koloru pokryć galwanicznych z powierzchni metali oznacza usunięcie chromu sześciowartościowego. Używanie tego szkodliwego składnika jest zakazane przez dyrektywę RoHS.

Zrównoważony rozwój
(ciąg dalszy)

ZMIANY, KTÓRE NIESIE ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ

Zmiany technologiczne, przebudowa rynku, utrzymanie równowagi finansowej oraz społecznej to codzienne problemy przedsiębiorstw. Pojawiają się nowe formy organizacyjne, powstają nowe funkcje i zawody. Zmiany te wymagają od firm silnego i nowatorskiego zaangażowania.

Pojawiają się nowe pojęcia, które nie są tylko pustymi słowami, lecz pociągają za sobą realne konsekwencje w zakresie produktu, zużycia energii oraz surowców.

Zarządzanie zasobami ludzkimi i problemami społecznymi w szerszym znaczeniu powinno stworzyć nowe zasady funkcjonowania i równowagi takie jak podjęcie odpowiedzialności na wszystkich poziomach, zintegrowane zarządzanie, uświadomienie różnorodności, uczestnictwo pracowników, ciągłe dokształcanie się, zmiana podejścia do stanowiska i kariery osobistej.

Nadrzędną sprawą w życiu firmy staje się „stosunek do otoczenia", który dotyczy środowiska lokalnego (miasto, ludzie, sposób życia, usługi itp.), panowania nad różnego rodzaju zagrożeniem (naturalnym, technologicznym itp.), życia publicznego (instytucje, polityka rządzenia itp.), poziomu życia ludności (praca, równowaga społeczna). Problemy te należy pojmować w skali wspólnoty, narodu, a obecnie również w skali „globalnej wioski".

^ Produkcja przemysłowa nie musi stanowić zagrożenia dla wód. Przykład: fabryka Legrand w Normandii, gdzie zużycie wody zredukowano o 58%.

Podstawowymi zasadami zrównoważonego rozwoju są:

1. Międzynarodowa ochrona praw człowieka.

2. Respektowanie praw człowieka przez przedsiębiorstwa.

3. Szacunek dla wolności przekonań i prawo do zbiorowej negocjacji.

4. Eliminacja wszelkich form przymusowej i szkodliwej pracy.

5. Walka z wyzyskiem dzieci.

6. Eliminacja wszelkich przejawów dyskryminacji (przy naborze i obsadzaniu stanowisk)

7. Prewencyjna postawa wobec wyzwań, jakie niesie ochrona środowiska.

8. Podjęcie inicjatyw mających na celu promowanie odpowiedzialnej postawy wobec środowiska.

9. Wspieranie rozwoju i rozpowszechnianie technologii chroniących środowisko naturalne.

10. Walka z korupcją.

Koncepcja proekologiczna

Dyrektywy RoHS i WEEE, a wkrótce także EUP wspierają projektowanie i produkcję sprzętu ekologicznego (ułatwiony rozkład, ponowna utylizacja lub recykling składników i materiałów). Nowe materiały powstaną na bazie naturalnych, mniej zanieczyszczonych i odnawialnych źródeł. Wymaga to również wysiłku adaptacyjnego: wygląd i ceny materiałów w związku z obowiązującymi standardami zostaną z pewnością poddane pod dyskusję. Poza wzrostem cen zmniejszenie światowych zasobów metali spowoduje pojawienie się widma niedostatku. Dlatego za pomocą rozwiązań proekologicznych możliwe będzie zredukowanie zużycia surowców lub zastosowanie nowych.

Chociaż powstają narzędzia do rzeczowej oceny rozwiązań, problem jest złożony. Redukcja zużycia surowców może odnieść pozytywny skutek (np. bilans węglowy, zarządzanie zasobami naturalnymi), ale może się również wiązać ze szkodą dla funkcjonowania urządzeń. Należy do tego dodać energochłonne warunki transportu i wszystkie aspekty logistyczne. Istotna jest jednak otwarta postawa w tej kwestii.

Firma Legrand opracowuje swoje produkty tak, aby zminimalizować ich wpływ na środowisko w każdej fazie użytkowania. Dotyczy to:

- wyboru materiałów i składników,
- sposobu produkcji,
- dystrybucji (transport i opakowanie),
- zużycia energii,
- przetwarzania zużytego urządzenia.

< Stacja oczyszczania ścieków przy obróbce powierzchniowej szaf Altis – żadnych zanieczyszczeń w środowisku.

Zrównoważony rozwój
(ciąg dalszy)

ZARZĄDZANIE PROJEKTEM W KONTEKŚCIE ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU

Wybór i zastosowanie najlepszych rozwiązań technicznych to zadanie dla wielu osób (architektów, pracowników biur badawczych, konstruktorów, specjalistów od eksploatacji lub kierowników zakładów). Należy poddać głębokiej analizie sposób badania rozwiązań, rozważać wszystkie elementy projektu w sposób globalny, a następnie uwzględniać współzależność wszystkich elementów. Należy brać również pod uwagę fakt, iż nieraz kwestie te pozostają w sprzeczności i przeanalizować każde kryterium w ujęciu metodologicznym: pytanie/odpowiedź. W takim podejściu główną rolę odgrywa doświadczenie, dlatego przeważnie wymagane jest ponowne sformułowanie potrzeb. Często nasuwa się konieczność opracowania innego podejścia, postawienia nowych priorytetów w poszukiwaniu równowagi między rozwiązaniem a kosztami.

Troska o środowisko nie wyklucza rozwiązań estetycznych. >

HQE®: wysoka jakość ekologiczna

Skrót ten, zanim stał się marką, oznaczał globalną postawę. Projekt konstrukcyjny HQE® rozważany pod kątem globalnych kosztów uwzględnia zarazem inwestowanie, jak i funkcjonowanie. Poprzez plany urbanistyczne projekty lokalne mogą stanowić przedmiot rozszerzonych prac o aspektach społecznych.

Podstawową zasadą jest satysfakcja z osiągniętych celów. Przykład w ramce poniżej ilustruje (w uproszczeniu) te cele w fazie konstrukcji: budownictwo ekologiczne, ekologiczne zarządzanie, cele zdrowotne, dążenie do uzyskania komfortu itd.

Inne fazy (eksploatacja, ewolucja, utrzymanie, zużycie i składowanie) stanowią przedmiot podobnego ujęcia.
Znak

NF DÉMARCHE HQE BÂTIMENTS TERTIAIRES

świadczy o tym, że certyfikowane operacje są zaprogramowane, zaplanowane i wykonane zgodnie z wymogami certyfikacji.

Wpływ na środowisko

– Zharmonizowanie budynku z otoczeniem: sąsiedztwo, zarządzanie parcelą, miłe otoczenie, redukcja zagrożeń itp.
– Wybór procesów i produktów konstrukcyjnych: trwałość budynków, przewidywana zmiana ich przeznaczenia, rodzaj materiałów itp.
– Mała szkodliwość: zarządzanie odpadami, redukcja hałasu itp.
– Zarządzanie energią: optymalizacja zużycia energii, korzystanie z własnej energii lokalnej, warunki energetyczne, maksymalne wykorzystanie naturalnych źródeł energii (słońce) itp.
– Gospodarka wodna: korzystanie z wody pitnej, korzystanie z wód nienadających się do bezpośredniego spożycia, gospodarka wodami z opadów itp.
– Gospodarowanie odpadami: wprowadzanie metod składowania i segregowania, postawa użytkowników i personelu itp.
– Zarządzanie konserwacją i utrzymaniem: optymalizacja potrzeb, procesy zarządzania technicznego itp.

Inne elementy mające wpływ na ludzi i środowisko, a dotyczące komfortu i zdrowia:
– Komfort hydrotermiczny: sposób ogrzewania, przepływ powietrza, rodzaj pomieszczeń, strefy, programowanie w zależności od potrzeb itp.
– Komfort akustyczny: izolacja akustyczna, hałasy, zminimalizowany wpływ na sąsiedztwo itp.
– Komfort wizualny: relacje z otoczeniem zewnętrznym, optymalizacja oświetlenia naturalnego, optymalizacja oświetlenia sztucznego itp.
– Zredukowanie źródeł zapachów, wentylacja itp.
– Jakość sanitarna: ograniczenie szkodliwego wpływu promieniowania elektromagnetycznego specyficzne wymagania z zakresu BHP itp.
– Jakość powietrza: zagwarantowanie skutecznej wentylacji, eliminowanie źródeł zanieczyszczeń itp.
– Jakość wody: ochrona wód, oczyszczanie wód i odpadów, sterowanie zagrożeniem związanym z ewentualnym zanieczyszczeniem itp.

Zrównoważony rozwój
(ciąg dalszy)

Wkład firmy Legrand w HQE®

Karty PEP (Profil Environnemental Produit) to prawdziwa pomoc przy określaniu jakości.
Te „ekodeklaracje" opisują:
– cechy środowiskowe,
– wpływ danego produktu lub kategorii produktów na środowisko (materiały, produkcja, dystrybucja, użytkowanie, rozkład).

< Będąc oczywistym źródłem korzyści energetycznych i ekologicznych, HQE® łączy estetykę z funkcjonalnością.

Dyrektywa w sprawie Charakterystyki Energetycznej Budynków (EPBD)

Dyrektywa Europejska ma wpłynąć na zmianę przepisów krajów, tak, by docelowo doprowadzić do znacznego ograniczenia zużycia energii. Celem dyrektywy EPBD (Dyrektywa 2002/91/CE z 16/12/2002) jest promowanie oszczędności energii zużywanej przez budynki w całej Unii, z uwzględnieniem specyficznych warunków klimatycznych, wymagań co do klimatu wewnętrznego a także efektywności finansowej przyjętych rozwiązań.
Dyrektywa stawia wymagania i odnosi się do:
- stworzenia generalnej metodologii obliczania zintegrowanej charakterystyki energetycznej budynków,
- podania minimalnych wymagań charakterystyki energetycznej dla budynków nowych,
- podania minimalnych wymagań charakterystyki energetycznej dla budynków istniejących poddawanych renowacjom,
- certyfikacji energetycznej budynków i regularnych inspekcji kotłów i systemów klimatyzacyjnych w budynkach.

W ogólnych ramach, każdy kraj członkowski musi zaadaptować własne przepisy do wymagań dyrektywy do dnia 04/01/2006, stosując własną metodę obliczania charakterystyki energetycznej, w szczególności w odniesieniu do wymagań minimalnych.

CEN (Europejski Komitet Normalizacji) znajduje się obecnie w stadium zmiany norm z zakresu wentylacji budynków. W obrębie CEN, działa Komitet Techniczny 156 który przygotowuje te normy. Podstawową z nich jest norma wieloarkuszowa EN 13141. Wentylacja budynków .

Opisane powyżej zagadnienia świadczą o konieczności uświadomienia wagi energetyki budynków na każdym poziomie prac.

Stały rozwój i konkretne działania proekologiczne weszły na stałe także do naszego sposobu myślenia.

Zaangażowanie firmy Legrand na rzecz środowiska

TRZY KIERUNKI ROZWOJU:
produkcja, produkty, zastosowanie

– Od 1996 roku firma Legrand dąży do wprowadzenia w swoich fabrykach programu ekologicznego. Większość fabryk posiada już certyfikat ISO 14001.

– Produkty opracowane przez firmę są zgodne z kierunkami koncepcji dotyczącymi poszukiwania ekologicznych sposobów na zredukowanie szkodliwego wpływu wyrobów na środowisko. Chcąc stać się naszymi partnerami w kwestii ochrony środowiska, klienci mogą uzyskać wyczerpujące informacje na temat materiałów, z których są zbudowane produkty, ich zużycia oraz warunków rozkładu.

– Celem grupy Legrand jest kontynuowanie innowacyjnych rozwiązań (inteligentne sterowanie oświetleniem, sterowanie ogrzewaniem, sterowanie sprzętem gospodarstwa domowego itp.) w tworzeniu energooszczędnych i sprzyjających środowisku instalacji.

In One by Legrand: gama urządzeń o zaawansowanych funkcjach sterowania oświetleniem, roletami, ogrzewaniem itp.

Zasilanie energią elektryczną

Warunki dystrybucji energii ..... str. 16

Zasilanie ..... str. 36

Źródła zasilania ..... str. 40

Dystrybucja energii elektrycznej i jej przesył wymagają określenia relacji pomiędzy:
- dostawcą i odbiorcą,
- sieciami wysokiego i niskiego napięcia.

Aby właściwie wykonać instalację elektryczną, należy przede wszystkim dobrze ją przemyśleć. Na tym etapie konieczne jest wykonanie wstępnych projektów, które polegają na:
- obliczeniu poboru mocy i obciążeń elektrycznych,
- ogólnym bilansie energetycznym,
- projekcie topologicznym miejsca (wymiary, możliwy obieg energii),
- ustaleniu kryteriów użytkowania (ciągłość elektryczna, jakość itd.),
- uwzględnieniu specyficznych wymogów (np. klasyfikowane instalacje),
- wykonaniu dokumentacji dotyczącej przyłączenia,
- uwzględnieniu norm oraz innych wymogów regulowanych przepisami.

Jest to zadanie, którego nie można wykonać improwizując – wymaga ono udziału wykwalifikowanych projektantów.

Oprócz spełnienia wymogów bezpieczeństwa, które stawia dostawa energii elektrycznej, i zapewnienia ciągłości zasilania np. w zakładach przemysłowych lub w szpitalach, należy także uwzględnić dodatkowe wymogi, takie jak jakość instalacji elektrycznych, nowe technologie (informatyczna, internetowa, przechowywanie danych), ochrona środowiska (odzyskiwanie energii) oraz otwarcie rynków (wolna konkurencja). Tak więc już na wstępie każdego projektu należy uwzględnić wiele znaczących czynników.

Warunki dystrybucji energii

Elektryczność jest energią elastyczną i łatwą do zaadaptowania, ale trudną do magazynowania. Z kolei zapotrzebowanie na moc u poszczególnych odbiorców stale się zmienia.
Wymogi te wymuszają ciągłość przesyłu i dostępności energii, które zapewniają sieci zasilania:
- wysokiego napięcia w przypadku dużych mocy i dużych odległości przesyłowych,
- niskiego napięcia w przypadku średnich i niskich mocy oraz niewielkich odległości przy przesyłaniu energii.

Punktem wyjścia sieci dystrybucji energii są stacje transformatorowe. Stacje te zawierają transformatory obniżające napięcie, do których jest doprowadzane wysokie napięcie WN. Napięcie wyjściowe ze stacji WN/SN wynosi od 1 kV do 50 kV (zwykle jest to 15 kV lub 20 kV). Średnie napięcie jest przesyłane 3 przewodami, bez przewodu neutralnego. Uziemienie punktu neutralnego transfomatora WN/SN jest wykonywane przez rezystor lub cewkę, które ograniczają wartość prądu w przypadku zwarcia. Poniżej transformatorów WN/SN część SN stacji transformatorowej może składać się z aparatów, które zainstalowane są w polach „zasilanie", „sprzęgła" i „odpływy". Dla odpływów, mogą być realizowane różne schematy zasilania w układach: promieniowym, pierścieniowym (w kształcie pętli) lub magistralnym.

SCHEMAT DYSTRYBUCJI ŚREDNIEGO NAPIĘCIA

A: wyłącznik główny
D: wyłącznik obwodowy
C: sprzęgło
R_N: rezystor lub cewka uziemienia punktu neutralnego

Podział napięć w energetyce		Wartość napięcia nominalnego U_n (V)	
		Prąd przemienny	Prąd stały
Bardzo niskie napięcie	ELV	$U_n \leq 50$	$U_n \leq 120$
Niskie napięcie	nN	$50 < U_n \leq 1000$	$120 < U_n \leq 1500$
Średnie napięcie	SN	$1000 < U_n \leq 50\,000$	$1\,500 < U_n \leq 75\,000$
Wysokie napięcie	WN	$U_n > 50\,000$	$U_n > 75\,000$

SCHEMATY DYSTRYBUCJI ENERGII ŚREDNIEGO NAPIĘCIA

Schemat dystrybucji w układzie promieniowym

Jest zazwyczaj stosowany w strefach przemysłowych w sieciach napowietrznych. W przypadku zwarcia w kablu przesyłowym lub w stacji transformatorowej użytkownicy są pozbawieni zasilania do czasu usunięcia usterki.

Stacja transformatorowa:
D: wyłącznik SN
A: rozłącznik SN
d: rozłącznik transformatora SN/nN
F: zabezpieczenie transformatora (bezpiecznik SN)

Schemat dystrybucji w układzie pierścieniowym (w kształcie pętli)

Rozwiązanie stosowane w miastach lub w strefach przemysłowych. Jego zaleta to ograniczenie czasu braku zasilania użytkowników umieszczonych w pętli. W przypadku uszkodzenia kabla lub uszkodzenia w obrębie stacji izoluje się uszkodzony odcinek kabla przez otwarcie dwóch rozłączników i ponownie zasila się pętlę, zamykając wyłącznik.

Stacja transformatorowa:
D_1, D_2: wyłącznik SN
A_1, A_2: rozłączniki SN
d: rozłącznik transformatora SN/nN
F: zabezpieczenie transformatora (bezpiecznik SN)

Schemat dystrybucji w układzie magistralnym

Stosuje się go, aby zapewnić optymalną ciągłość zasilania. W przypadku usterki na jednej linii SN zasilanie jest przełączane na drugą linię SN.

Stacja transformatorowa:
D_1, D_2: wyłącznik SN
A_1, A_2: rozłączniki SN (wyposażone w mechaniczną blokadę)
d: rozłącznik transformatora SN/nN
F: zabezpieczenie transformatora (bezpiecznik SN)

Warunki dystrybucji energii (ciąg dalszy)

SCHEMATY DYSTRYBUCJI ENERGII NISKIEGO NAPIĘCIA

Podłączenie indywidualne

Podłączenie wspólne

SPOSOBY DOSTARCZANIA ENERGII

Dostarczanie energii średniego napięcia SN

W Polsce sieci SN wykonywane są przeważnie na koszt zakładu energetycznego. Odbiorcy energii o dużej mocy są zasilani bezpośrednio napięciem SN.
Zalety takiego zasilania:
- dowolny wybór układu sieci nN,
- możliwość wyboru odpowiedniej taryfy,
- możliwość zmiany kierunku zasilania.

Klient jest właścicielem stacji SN/nN, dlatego koszt tej inwestycji i jej utrzymanie należą do obowiązków użytkownika. Rodzaj stacji i jej lokalizację dobierają wspólnie klient i dostawca energii (zakład energetyczny). Klient ma dostęp jedynie do aparatów nN i do wyłącznika SN.
Klient wybiera taryfę i podpisuje umowę z zakładem energetycznym.
Zakład energetyczny proponuje zwykle kilka opcji, z których klient może wybrać odpowiedni dla siebie wariant.

Dostarczanie energii niskiego napięcia

W Polsce publiczna sieć dystrybucyjna nN (należąca do zakładu energetycznego lub innego dostawcy energii) jest zazwyczaj siecią trójfazową, o częstotliwości 50 Hz, z prowadzonym przewodem neutralnym N oraz ochronnym PE (zalecany układ sieci TN-S, przejściowo TN-C-S).
Zalety takiego zasilania:
- szeroki wybór taryf w zależności od potrzeb użytkownika,
- niskie koszty inwestycyjne i utrzymania sieci.

Uwaga: W Polsce obowiązuje zasada, że w jednej stacji elektroenergetycznej jest tylko jeden system układu zasilania. W sieci nN obowiązują układy sieci TN-S, TN-C-S (przejściowo), TT i IT.
Podłączenie do sieci która doprowadza prąd do użytkownika, wykonywane jest na koszt zakładu energetycznego. Zakłady energetyczne w zależności od regionu mają różne taryfy.
Dla każdej taryfy zakład energetyczny proponuje pewną liczbę opcji, która pozwala użytkownikowi dopasować taryfę do swoich potrzeb.

Typowa sieć nN stosowana w Polsce

Warunki dystrybucji energii (ciąg dalszy)

Taryfy

W Polsce dostawy energii elektrycznej proponują kilka rodzajów taryf dopasowanych do sposobu użytkowania energii oraz do pobieranych mocy. Należy w możliwie wczesnej fazie projektu skontaktować się z zakładem energetycznym w celu określenia warunków taryfowych (przewidywany pobór mocy) oraz sposobu dostarczania energii (sporządzenie dokumentacji przyłączeniowej).

Zakłady energetyczne w Polsce posiadają taryfikatory indywidualne. Taryfy różnią się od siebie w zależności od zakładu energetycznego. Przykładowo w Łódzkim Zakładzie Energetycznym S.A. odbiorców dzieli się na następujące grupy taryfowe:
- dla odbiorców zasilanych z sieci WN – A23,
- dla odbiorców zasilanych z sieci SN – B11, B21, B22, B23,
- dla odbiorców zasilanych z sieci nN – C11, C11p, C12a, C12ap, C12b, C12bp, C21, C22a, C22b, S11g, S11c,
- dla odbiorców zasilanych niezależnie od poziomu napięcia lub wielkości mocy umownej – C11o, C12o, G11, G11p, G12, G12p, G12w, R.

Grupy taryfowe C11o i C12o stosuje się wyłącznie w przypadkach, gdy odbiorniki energii sterowane są astronomicznym zegarem sterującym wymuszającym załączanie i wyłączanie wszystkich odbiorników oraz skorelowanym z astronomicznym czasem wschodów i zachodów słońca.
Do grupy taryfowej G kwalifikuje się odbiorców zużywających energię na potrzeby:
- wiejskich i miejskich gospodarstw domowych oraz pomieszczeń gospodarczych związanych z prowadzeniem tych gospodarstw (pomieszczenia piwniczne, garaże, strychy),
- lokali o charakterze zbiorowego zamieszkania (w szczególności domy akademickie, internaty, hotele robotnicze, jednostki penitencjarne w części mieszkalnej, klasztory, plebanie, koszary, domy opieki społecznej, hospicja, domy dziecka), a także na potrzeby pomieszczeń pomocniczych tych obiektów, które służą potrzebom bytowo-komunalnym mieszkańców i nie mają charakteru handlowo-usługowego,
- mieszkań rotacyjnych, mieszkań pracowników placówek dyplomatycznych i zagranicznych przedstawicielstw,
- domów letniskowych, domów kempingowych i altan w ogródkach działkowych oraz – w przypadkach wspólnego pomiaru – administracji ogródków działkowych,
- oświetlenia w budynkach mieszkalnych, w szczególności klatek schodowych, numerów domów, piwnic, strychów, suszarni itp.,
- zasilania dźwigów w budynkach mieszkalnych,
- węzłów cieplnych i hydroforni będących w gestii administracji domów mieszkalnych garaży indywidualnych użytkowników, w których nie jest prowadzona działalność gospodarcza,
- pracowni artystycznych w budynkach mieszkalnych,
- indywidualnych właścicieli działek rekreacyjnych, letniskowych, leśnych i rolnych, na których nie prowadzi się działalności gospodarczej.

Grupa taryfowa G11p, G12p, C11p, C12ap lub C12bp jest stosowana w rozliczeniach z odbiorcami energii, u których pobór energii mierzony jest za pomocą licznika przedpłatowego. W rozliczeniach za dostarczoną energię w tych grupach taryfowych stosowane są ceny i stawki opłat z odpowiedniej grupy taryfowej: G11, G12, C11, C12a lub C12b, z zastrzeżeniem punktu 4.2.3.
Grupa taryfowa R ma zastosowanie w rozliczeniach z odbiorcami energii, których instalacje nie są wyposażone w układy pomiarowo-rozliczeniowe, tj. w przypadkach:
- krótkotrwałego poboru energii, w szczególności na potrzeby iluminacji, zdjęć filmowych, cyklinowania podłóg, elektrycznego ogrodzenia pastwisk,
- silników syren alarmowych przyłączonych do sieci bez licznika,
- stacji ochrony katodowej gazociągów,
- oświetlenia reklam.

Z grup taryfowych S11c lub S11g mogą skorzystać odbiorcy spełniający kryteria określone w Taryfie dla grup taryfowych odpowiednio C albo G i mocy umownej do 12 kW dla grupy S11c i do 6 kW dla grupy S11g. Podane moce nie dotyczą zasilania rezerwowego.
Sprzedawca świadczy usługę dystrybucji zgodnie z warunkami określonymi w umowie.
Odbiorca, który:
- pobiera energię z różnych miejsc dostarczania położonych w sieci o różnych poziomach napięć, jest zaliczany do grup taryfowych oddzielnie w każdym z tych miejsc,
- do zasilania jednego zespołu urządzeń pobiera energię z więcej niż jednego miejsca dostarczania na tym samym poziomie napięcia, wybiera grupę taryfową jednakową dla wszystkich miejsc dostarczania.

Wybrana przez odbiorcę grupa taryfowa obowiązuje co najmniej 12 miesięcy. W przypadku gdy odbiorca może być zaliczony do więcej niż jednej grupy taryfowej (zgodnie z przyjętą zasadą kwalifikacji odbiorców), ma prawo wyboru jednej spośród tych grup.
W innych zakładach energetycznych podziały na grupy taryfowe są podobne.

PRZYŁĄCZA ELEKTRYCZNE

Przyłącze elektryczne znajduje się na granicy między stacją transformatorową i prywatną instalacją klienta. Mówi się wtedy o „granicy eksploatacji".

< Stacja transformatorowa na słupie elektrycznym.

^ Stacja rozdzielcza SN razem z rozłącznikami i wyłącznikami.

Zakład energetyczny może umożliwić klientowi eksploatację stacji transformatorowej, na którą posiada koncesję. Jeśli zachodzi taka potrzeba, może mieć wgląd do stacji klienta.

Zasilanie SN: stacja słupowa

Zasilanie SN: stacja wnętrzowa

Warunki dystrybucji energii (ciąg dalszy)

NORMY

Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych powinny spełniać wymagania techniczno-budowlane określone w ustawach i rozporządzeniach wykonawczych do tych ustaw oraz w normach wprowadzonych do obowiązkowego stosowania. Poniżej wymieniono kilka najważniejszych dokumentów prawnych określających te wymagania:
- Ustawa „Prawo budowlane" z 7 lipca 1994 r. (Dz.U. z 2000 r., nr 106, poz. 1126),
- Ustawa z 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej (Dz.U. z 2002 r., nr 147, poz. 1229),

Ponadto wymagania dotyczące instalacji elektrycznych częściowo określają:
- Ustawa z 3 kwietnia 1993 r. o badaniach i certyfikacji (Dz.U. nr 55, poz. 250, z późn. zm.),
- Ustawa z 12 września 2002 r. o normalizacji (Dz.U. nr 169, poz. 1386),
- Ustawa „Prawo Energetyczne" z 10 kwietnia 1997 r. (Dz.U. z 2003 r., nr 153, poz. 1504).

Szczegółowe wymagania techniczne dotyczące instalacji elektrycznych zawarte są przede wszystkim w rozporządzeniach, początkowo Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa, a po zmianach administracji centralnej – Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji oraz Ministra Infrastruktury.
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa z 14 grudnia 1994 r.w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 1999 r., nr 15, poz. 140; Dz.U. z 1999 r. nr 44, poz. 434; Dz.U. z 2000 r., nr 16, poz. 214),
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z 25 września 2000 r. (Dz.U. nr 85, poz. 957) określające m.in. warunki przyłączenia podmiotów do sieci elektroenergetycznych oraz standardy jakościowe obsługi odbiorców.

Najważniejszymi normami określającymi wymagania techniczne dla instalacji elektrycznych są:
- PN-IEC 60364 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych,
- PN-E-05115: 2002 Instalacje elektroenergetyczne prądu przemiennego o napięciu wyższym od 1 kV,
- Norma N SEP-E-001 Sieci elektroenergetyczne niskiego napięcia. Ochrona przeciwporażeniowa,
- Norma N SEP-E-002 Instalacje elektryczne w budynkach mieszkalnych. Podstawy planowania. Wyznaczanie mocy zapotrzebowanej,
- Norma N SEP-E-003 Elektroenergetyczne linie napowietrzne. Projektowanie i budowa. Linie prądu przemiennego z przewodami pełnoizolowanymi oraz z przewodami niepełnoizolowanymi.

W każdym przypadku, niezależnie od tego, czy dotyczy to nowej instalacji, czy też rozbudowy instalacji już istniejącej, wymagana jest akceptacja zakładu energetycznego. Wykonanie dokumentacji przyłączeniowej umożliwia poprawne wykonanie przyłączenia instalacji od początku do końca (projekt techniczny, sprawdzanie instalacji w trakcie prac, odbiór i uruchomienie).

UKŁADY SIECI ŚREDNIEGO NAPIĘCIA

Podobnie jak w przypadku instalacji nN sieć wysokiego napięcia (punkt zerowy) należy odnieść w stosunku do potencjału ziemi. W zależności od parametrów tego połączenia (bezpośrednie, rezystancyjne, indukcyjne) i wartości rezystancji uziemienia wartość prądów zwarciowych i przepięć będą różne.

Punkt zerowy izolowany

Prąd zwarciowy o małej wartości, przepięcia nie są odprowadzane do ziemi; stosowany w przemyśle.

Z_L = Impedancja linii:

Punkt zerowy uziemiony przez impedancję

Cewka kompensacyjna (zwana również cewką Petersena) umożliwia kompensację poprzez indukcyjność L_n pojemności sieci C_r – powoduje to zmniejszenie prądów zwarciowych. Jeżeli wartość L_n jest odpowiednio dobrana do C_r, następuje zmniejszenie prądu zwarciowego. Stosowany w sieci ziemnej SN.

Z_L = Impedancja linii:

Punkt zerowy uziemiony przez rezystancję

Ogranicza prądy zwarciowe i przepięcia, ale konieczne jest wyznaczenie rezystancji uziemienia.
Stosowany w sieciach SN, w sieciach napowietrznych i ziemnych.

Z_L = Impedancja linii:

Punkt zerowy uziemiony

Bezpośrednie uziemienie punktu zerowego eliminuje przepięcia, natomiast wartość prądu zwarciowego jest podwyższona.
Stosowany w sieciach SN o dużej lub bardzo dużej długości.

Z_L = Impedancja linii:

Warunki dystrybucji energii (ciąg dalszy)

PODŁĄCZENIA MAS W INSTALACJACH SN

Niezależnie od tego, jaki jest system sieci dla danej instalacji średniego napięcia (za który odpowiada dostawca energii), należy ustalić sposoby uziemienia mas średniego napięcia. W praktyce chodzi o masę przyłącza SN w stosunku do uziemień punktu neutralnego i mas sieci nN. Podłączenie masy SN określa dodatkowy dokument, który jest dołączany do pozostałej specyfikacji układów sieci TT, TN i IT (patrz str. 236):
R – masa SN jest podłączona do uziemienia punktu neutralnego i do uziemienia mas nN,
N – masa SN jest podłączona do uziemienia punktu neutralnego, ale nie do uziemienia mas nN,
S – masa SN nie jest podłączona do uziemienia punktu neutralnego i uziemienia mas nN.

Daje to sześć możliwych kombinacji między systemami sieci nN i masami SN.

Układy sieci TNR i ITR

W tych układach sieciowych przewód masy SN jest podłączony elektrycznie do głównego zacisku uziemiającego – jedynego i wspólnego dla całej instalacji. Główny zacisk uziemiający jest podłączony do ogólnego połączenia wyrównawczego. W przypadku zasilania innych budynków znajdujących się w bliskiej odległości główne połączenia ekwipotencjalne każdego budynku są podłączane do głównego połączenia ekwipotencjalnego (patrz str. 247).

Każde uszkodzenie izolacji w układzie sieci TNR powoduje zwarcie między fazą i przewodem neutralnym.
Konieczne jest obliczenie minimalnego prądu, aby sprawdzić dobór zabezpieczeń przed przetężeniami.
Przewód ochronny musi być prowadzony w pobliżu przewodów czynnych.

Układ sieci TNR

Układ sieci ITR

Układy sieci TTN i ITN

W układach tych masy SN i masy nN nie są podłączone elektrycznie do jednego uziemienia.
Układ TTN ma zastosowanie w instalacjach publicznych nN oraz w przypadku instalacji, gdzie odległość między budynkami jest duża.

Układy sieci TTS i ITS

W układach tych uziemienie mas SN, punktu neutralnego zasilania nN i mas nN jest oddzielone. Ten układ sieci stosuje się w przypadku zasilania bardzo oddalonych obiektów (stacje czy instalacje w górach).

Układ sieci TTN

Układ sieci TTS

Układ sieci ITN

Układ sieci ITS

W układach sieci TTN i TTS prądy uszkodzeniowe są ograniczane przez kilka rezystancji uziemienia podłączonych szeregowo oraz przez uziemienia mas. Aby uniknąć ryzyka powstania uszkodzenia, które mogłoby być niewykryte, należy zastosować przekładniki prądowe, które wykrywają prądy płynące między przewodem neutralnym i uziemieniem, co powoduje zadziałanie zabezpieczenia przy pierwszym uszkodzeniu.
W układach sieci ITN i ITS dopuszcza się brak zadziałania zabezpieczenia przy pierwszym uszkodzeniu, pod warunkiem, że prąd uszkodzeniowy jest ograniczony (impedancja Z lub iskiernik). Stała kontrola izolacji z sygnalizacją, szybkie wykrywanie i usuwanie usterek są w tym przypadku obowiązkowe (istnieje konieczność stałego dozoru technicznego).
W układach sieci ITN i ITS pierwszy prąd uszkodzeniowy jest ograniczany wyłącznie przez impedancję pojemnościową instalacji w stosunku do uziemienia. Wprowadzenie impedancji Z określa wartość prądu uszkodzeniowego, jak również ogranicza chwilowe przepięcia. W praktyce wartość impedancji Z będzie równa połowie wartości impedancji pojemnościowej instalacji.

Warunki dystrybucji energii (ciąg dalszy)

JAKOŚĆ ZASILANIA I ZAKŁÓCENIA

Energia elektryczna dostarczana do klienta może zostać zakłócona. Jej podstawowe parametry, takie jak napięcie czy częstotliwość, mogą przekraczać dopuszczalne granice tolerancji. Może wystąpić zjawisko zniekształcania lub nakładania się napięć, co skutkuje niepoprawnym działaniem odbiorników. W niektórych przypadkach zakłócenia te zależą od samej sieci (przełączenia, wyładowania atmosferyczne itd.). W innych są konsekwencją użytkowania, co powoduje istotne zmiany wartości prądu lub zmiany kształtu przebiegu napięcia. Współczesne urządzenia mogą być źródłem zakłóceń wpływających bezpośrednio na pracę urządzeń o dużej czułości (np. urządzenia elektroniczne lub informatyczne).

Wymogi w zakresie jakości zasilania elektrycznego są regulowane między innymi przez normę europejską EN 50160. Norma ta bazuje na danych statystycznych i jej przestrzeganie zapewnia określoną jakość dostarczanej energii w warunkach standardowej eksploatacji.

Częstotliwość napięcia

Powinna wynosić 50 Hz z tolerancją ±1% przez 95% dni tygodnia i od –6% do +4% w pozostałych 5% dni tygodnia.

Częstotliwość i okres

Amplituda napięcia

Znormalizowana wartość skuteczna napięcia między przewodami fazowym a neutralnym wynosi 230 V.

Przykład odchyleń w zakresie częstotliwości i zniekształcenia napięcia

Zmiany napięcia

95% wartości mierzonych w czasie jednego tygodnia i uśrednionych dla 10 minut powinno znaleźć się w przedziale odchylenia, które wynosi 10%, tzn. pomiędzy 207 V i 253 V.

Amplituda szybkich zmian napięcia

Zmiany te są spowodowane zwykle prądami rozruchowymi odbiorników o dużej mocy i nie powinny przekraczać 5-10% napięcia znamionowego. Pomiary pokazują, że chwilowe spadki napięć o 30% są możliwe w przypadku włączania takich odbiorników, jak silniki czy transformatory.

Migotanie

Zjawisko to, powoduje zmianę natężenia oświetlenia, które może być uciążliwe po przekroczeniu pewnego poziomu. Wzór oparty na stosunku długości trwania poszczególnych poziomów oświetlenia określa poziom tego zjawiska. Zjawisko to jest szczególnie szkodliwe dla oświetlenia żarowego. Przyczyną powstawania tych zakłóceń mogą być cykliczne zmiany obciążenia.

Spadki napięcia

Są one z reguły spowodowane zwarciami, które występują u użytkowników, ale również – i to najczęściej – zwarciami w sieci publicznej. Ilość tych spadków napięcia zmienia się w zależności od lokalnych warunków. Zwykle czas ich trwania nie przekracza 1 sekundy.

Przykład pomiaru spadku napięcia

Krótkotrwałe zaniki napięcia

Mamy tu na myśli krótkotrwałe zaniki napięcia, zwane również mikrozanikami napięć, które występują wówczas, gdy wartość napięcia spada do 0 V. Zwykle czas trwania zaniku nie przekracza 1 sekundy, jednak zanik napięcia, który trwa minutę, również jest uważany za krótkotrwały (!).

Przykład pomiaru krótkotrwałego zaniku napięcia

Długotrwałe zaniki napięcia

Długotrwałe zaniki napięcia w większości nie są przypadkowe, mimo że zależą od przypadkowych czynników. Częstotliwość tych zaników waha się i zależy od budowy sieci lub od wpływu i narażenia na warunki atmosferyczne.

Przepięcia

Mogą występować w sieci przesyłowej lub w instalacji użytkownika. Zjawisko to może powodować zniszczenia, gdy napięcie osiągnie wartość, która jest niebezpieczna dla niektórych urządzeń. Najbardziej niebezpieczne jest podanie napięcia międzyfazowego zamiast napięcia fazowego, np. w przypadku uszkodzenia przewodu neutralnego. Uszkodzenia linii SN mogą również powodować przepięcia na linii nN.

Warunki dystrybucji energii (ciąg dalszy)

Przepięcia przejściowe

Zjawiska te są bardzo zróżnicowane. Mogą być spowodowane uderzeniem pioruna lub przełączeniami w sieci. Czas ich trwania waha się od kilku mikrosekund do kilku milisekund, co powoduje, że ich zakres częstotliwości jest również zmienny i waha się od kilku do kilkuset kHz.

Typowy przebieg przepięcia spowodowanego przełączeniem

Przykładowy przebieg przepięcia, które powstało na skutek uderzenia pioruna

Piorun, uderzając w sieć elektryczną, powoduje przepięcia, które zostają przeniesione do instalacji użytkowników pomimo stosowanych przez dostawcę energii zabezpieczeń. Sieci kablowe prowadzone w ziemi narażone są na działanie pioruna w mniejszym stopniu niż sieci napowietrzne.

Asymetria

Asymetria pomiędzy napięciami jest najczęściej spowodowana przez obciążenia jednofazowe o dużej mocy. Powodują one przepływ prądu wstecznego, który może spowodować nieprawidłową pracę odbiorników trójfazowych. Zaleca się równomierne rozdzielenie obciążeń na trzy fazy i zabezpieczenie instalacji przez odpowiednie urządzenia wykrywające to zjawisko. Współczynnik asymetrii napięcia zasilania nie powinien przekraczać 2% napięcia znamionowego.

Stosowanie sieci symetrycznych

Sieć symetryczna posiada wszystkie elementy symetryczne (impedancję, obciążenia itd.), tzn. identyczne w każdej fazie – nie należy jednak tego mylić ze zrównoważeniem, które dotyczy równego rozłożenia prądów i napięć.

System trójfazowy symetryczny niezrównoważony może być opisany graficznie przez trzy systemy trójfazowe zrównoważone (przedstawienie graficzne Fortescue). System ten może być rozłożony na trzy układy wektorów: zgodny, przeciwny i zerowy. W przypadku wystąpienia przepięć lub zwarć, które uszkadzają tylko jedną fazę (co się najczęściej zdarza), sieć staje się niesymetryczna.

Napięcia harmoniczne

W sieciach elektrycznych zdarza się, że kształt fali napięcia lub prądu nie jest czysto sinusoidalny. Deformacja jest spowodowana obecnością obciążeń, które mają charakterystyki nieliniowe. Obciążenia te powodują deformację napięcia. Zdeformowana fala jest przedstawiana matematycznie w postaci fali podstawowej o częstotliwości 50 Hz, na którą nakładają się fale sinusoidalne, z których każda ma częstotliwość wielokrotnie większą od częstotliwości fali podstawowej. Fale te zwane są falami harmonicznymi. Określa się je poprzez stopień, czyli stosunek częstotliwości harmonicznej do częstotliwości podstawowej:

$$\text{Rang} = \frac{f_{\text{harmoniczna}}}{f_{\text{podstawowa}}}$$

Może on być zdefiniowany także przez porównanie amplitudy fali harmonicznej z podstawową.

Aby przedstawić te zjawiska, używa się opisu matematycznego zwanego „szeregiem Fouriera". Umożliwia on przedstawienie każdego przebiegu okresowego w postaci sumy fali podstawowej i fal dodatkowych – wszystkich harmonicznych, których częstotliwość jest wielokrotnością częstotliwości podstawowej. Istnieją harmoniczne parzyste i nieparzyste. W sieciach elektrycznych występują zwykle harmoniczne nieparzyste. Harmoniczne parzyste znoszą się z powodu symetrii sygnału.

Rozkład widmowy sygnału w funkcji częstotliwości

Deformacja spowodowana 3 harmoniczną

Współczynnik zawartości harmonicznych

Aby ustalić parametry deformacji sygnału, należy wykonać szereg pomiarów. Harmoniczne można przedstawić jako napięcie, jako prąd, jako procent wartości częstotliwości podstawowej lub jako wartość rzeczywistą. Najczęściej stosowanym parametrem jest współczynnik zawartości harmonicznych (THD lub TDH), który oblicza się na podstawie sumy wszystkich rzędnych. Ta jedna cyfra określa wpływ wszystkich harmonicznych i umożliwia wykonanie porównań lub ocenę ich wpływu na odbiorniki.

$$\text{THD} = \frac{\sqrt{A_2^2 + A_3^2 + \ldots + A_i^2 + \ldots + A_n^2}}{A_1}$$

A_1 to wartość skuteczna fali podstawowej, Ai – wartość skuteczna harmonicznej i.

Pomiar przy obecności harmonicznych

W przypadku sinusoidy zniekształconej ważne jest, aby dokonywać pomiaru rzeczywistych wartości skutecznych. Niektóre tanie przyrządy pomiarowe mierzą tylko wartość skuteczną fali podstawowej, która nie przedstawia obrazu fali rzeczywistej. Dlatego przy pomiarze wartości skutecznej przebiegu odkształconego należy stosować przyrządy mierzące wartości RMS.

Warunki dystrybucji energii (ciąg dalszy)

Przykład zniekształconego przebiegu sinusoidalnego z pomiarem harmonicznych

Distorsion: THD = 11,53%
Odd = 11,52%
Even = 0,46%

Harmonics:			
	1 = 100%	19 = 0,23%	37 = 0,02%
	3 = 2,80%	21 = 0,04%	39 = 0,13%
	5 = 10,48%	23 = 0,13%	41 = 0,03%
	7 = 3,12%	25 = 0,03%	43 = 0,05%
	9 = 1,92%	27 = 0,03%	45 = 0,00%
	11 = 1,08%	29 = 0,04%	47 = 0,09%
	13 = 0,43%	31 = 0,06%	49 = 0,02%
	15 = 0,12%	33 = 0,02%	
	17 = 0,39%	35 = 0,04%	

Oscyloskop pokazuje sygnał zniekształcony, który nie przypomina sinusoidy.

Harmoniczne prądu i harmoniczne napięcia

Istnieją dwa rodzaje przebiegów harmonicznych: przebiegi prądu i przebiegi napięcia. Na początku aparaty z obwodami nieliniowymi zniekształcają prąd podstawowy i generują prądy harmoniczne. Prądy te krążą w instalacji, przepływają przez impedancje i powodują powstawanie napięć harmonicznych. Wartość współczynnika zniekształceń harmonicznych fali napięcia używana jest do określenia poziomu zanieczyszczenia instalacji. Z kolei pomiar poziomu zniekształcenia fali prądowej jest stosowany do detekcji źródeł, które są przyczyną tego zanieczyszczenia.

Odbiorniki wpływające na powstawanie harmonicznych

Niektóre rodzaje urządzeń, mają wpływ na zniekształcanie sygnału elektrycznego. Są to:
- wszystkie urządzenia wyposażone w zasilacze impulsowe jednofazowe (harmoniczne 3, 5, 7): telewizory, komputery, faksy, lampy z balastem elektronicznym,
- regulatory jednofazowe, które stosują regulację kąta fazy (harmoniczne 3, 5, 7): ściemniacze, regulatory natężenia oświetlenia, zapłonniki,
- aparaty łukowe (harmoniczne 3, 5): piece, spawarki,
- prostowniki tyrystorowe o dużej mocy (harmoniczne 5, 7): przemienniki częstotliwości, piece, UPS-y,
- urządzenia z obwodem magnetycznym, jeśli jest nasycony (harmoniczna 3): transformatory, silniki itd.,
- urządzenia oświetlenia z kontrolowanym łukiem (harmoniczna 3): lampy z balastem elektromagnetycznym, lampy rtęciowe, świetlówki fluorescencyjne.

Konsekwencje i skutki harmonicznych

Konsekwencje obecności harmonicznych w instalacji powodują zwiększenie wartości szczytowych (przebicie dielektryczne, dodatkowe ogrzewanie) oraz zmianę spektrum częstotliwości (wibracje i zużycia mechaniczne) fal napięcia i prądu harmonicznego. Skutki można podzielić na dwa rodzaje: skutki chwilowe, krótkotrwałe i skutki długotrwałe. Oba rodzaje skutków mają charakter ekonomiczny, dotyczą eksploatacji i wiążą się z obniżeniem wydajności energetycznej, zniszczeniem lub przeciążeniem niektórych urządzeń oraz stratami produkcyjnymi.
Obecność harmonicznych powoduje również między innymi:
- wyłączenia poprzez niepożądane zadziałanie aparatów zabezpieczających,
- zakłócenia w instalacjach słaboprądowych, w działaniu sterowników i regulatorów,
- wibracje i anormalne dźwięki w rozdzielnicach, silnikach i transformatorach,
- zniszczenie kondensatorów.

Obecność harmonicznych może mieć również skutki termiczne. Przeciążenie prądowe powoduje dodatkowe grzanie i w konsekwencji przedwczesne zużycie urządzeń. Szczególnie dotyczy to:
- przegrzania transformatorów i urządzeń elektrycznych,
- przegrzania przewodów poprzez zwiększenie strat mocy i strat dielektrycznych,
- zniszczenia urządzeń (kondensatorów, wyłączników).

3 harmoniczna

W instalacjach, w których jest prowadzony przewód neutralny, obecność 3 i wielokrotności 3 harmonicznej może spowodować przeciążenia w przewodach. Wartość skuteczna prądu w przewodzie neutralnym w zależności od stopnia 3 harmonicznej może być większa od wartości prądu płynącego w przewodach fazowych. W takich przypadkach jest konieczne zwiększenie przekroju przewodu neutralnego i dobranie odpowiednich zabezpieczeń. Norma IEC 60364 podaje współczynniki zwiększania przekroju przewodu neutralnego w zależności od wartości udziału procentowego 3 harmonicznej (patrz str. 276).

Przykład
Obwód 3P+N przewidziany na obciążenie 170 A i wykonany w układzie sieci TN-S, którego poziom 3 harmonicznej jest większy od 33%. Przy zwiększaniu przekroju przewodów fazowych należy wziąć pod uwagę współczynnik redukcji 0,8 (przewód neutralny obciążony, patrz str. 276). Przekrój minimalny w takim przypadku to 70 mm^2 na fazę. Przekrój przewodu neutralnego jest obliczany tak, aby mógł przez niego przepłynąć prąd 1,45 x 170 A = 247 A, co daje przekrój 95 mm^2.
Należy więc odpowiednio dobrać wyłącznik do prądu który będzie płynąć przez przewód neutralny:
I_n wyłącznika ⩾ I_B przewodu neutralnego ⇒ I_n = 250 A.
Wyłącznik powinien mieć nastawę prądu, który może przepłynąć przez przewody fazowe:
I_r ⩾ I_B przewodów fazowych ⇒ I_r ⩾ 170 A (I_r < 206 A, ograniczenie przekroju przewodu).
Do takiej instalacji można dobrać wyłącznik 250 A z niezabezpieczonym torem neutralnym, z nastawą do 0,7.

Inne rozwiązania, takie jak zastosowanie transformatorów trójkąt/gwiazda, ograniczają rozprzestrzenianie się 3 harmonicznej w instalacji.

3 harmoniczna w przewodzie neutralnym

Warunki dystrybucji energii (ciąg dalszy)

Sposoby korygowania

W pierwszej kolejności należy przeprowadzić korektę w wykonaniu instalacji, czyli:
- zwiększyć przekrój przewodu neutralnego,
- zastosować odpowiednie zabezpieczenia,
- zgrupować obciążenia (ewentualnie oddzielić źródła zasilania),
- zastosować dławiki tłumiące,
- podłączyć urządzenia wykrywające obciążenia, które generują harmoniczne,
- podłączyć obciążenia generujące harmoniczne do źródeł zasilania o najmniejszej impedancji i umieszczonych jak najbliżej zasilania (redukcja impedancji linii),
- należy również upewnić się, czy baterie kondensatorów do kompensacji współczynnika mocy nie wchodzą w rezonans (ewentualnie można zastosować indukcyjności przeciwharmoniczne podłączone szeregowo i wybrać odpowiedni układ sieci – w tym przypadku nie należy wybierać układu sieci TN-C).

Jeżeli opisane powyżej sposoby nie są wystarczające, należy zastosować filtry bierne lub czynne.

W odróżnieniu od zakłóceń, które powodują przepięcia i mikrowyłączenia i których skutki bezpośrednie są widoczne oraz łatwe do rozpoznania, harmoniczne charakteryzują się tym, że ich skutków miejscowych i bezpośrednich nie widać. Wpływy harmonicznych uwidocznią się w miejscach ich sumowania i tam może dojść do zniszczenia instalacji.

Napięcia interharmoniczne

Zjawisko to określa parametry częstotliwości między harmonicznymi. Są one powodowane przez przemienniki częstotliwości, UPS-y, urządzenia łukowe.
Ich interakcja może spowodować zjawisko migotania, zakłócając sygnały informatyczne przekazywane siecią energetyczną.

Sygnały informatyczne przekazywane przez sieci energetyczne

Dystrybutor energii (ZE) może używać sieci do przesyłania sygnałów sterowania i pomiarów.
Częstotliwości tych sygnałów wahają się od kilkudziesięciu Hz do kilku kHz. Sieć nie powinna być używana do transmisji sygnałów informatycznych instalacji prywatnych, gdyż przy użyciu modulacji napięcia sieci wykorzystują one częstotliwość od kilkudziesięciu Hz do kilkuset kHz. Poziom napięcia, który mogą generować w sieci, jest również określony przez normę EN 50160.

KOMPENSACJA WSPÓŁCZYNNIKA MOCY

Odbiorniki zużywające energię bierną powodują zwiększenie obciążeń źródeł energii i sieci przemysłowej. W celu zapobieżenia nadmiernemu zużyciu energii biernej przez odbiorcę zakład energetyczny stosuje wysokie opłaty.
Obecność obciążeń indukcyjnych (silniki, spawarki, oświetlenie itd.) powoduje obniżenie cos φ. Moc czynna P (wyrażona w W) odzyskana w postaci pracy lub ciepła jest mniejsza od mocy pozornej S (mierzonej w VA).

Moc bierna Q to niepotrzebne zużycie energii. Nie służy do niczego!

Trójkąt mocy

Do określenia wielkości mocy biernej używa się nie cosinusa kąta, lecz tangensa kąta, gdzie:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{Q}{P}$$

Moc bierna Q jest wyrażana w VAr (woltoampery reakcyjne).
Kondensatory stosowane do kompensacji są również opisywane ze względu na pobieraną przez nie moc bierną Q' w VAr, chociaż ta moc jest mocą pojemnościową mającą przeciwny zwrot niż moc bierna indukcyjna.

Trójkąt mocy

tg φ dla Q przed skorygowaniem
tg φ' dla Q - Q' po skorygowaniu
$Q' = C \cdot \omega \cdot U^2$
$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$
C : pojemność w faradach

Współczynnik mocy jest wyrażony przez cosinus kąta przesunięcia fazowego φ między wektorami, które wyrażają napięcie i prąd.

φ = 0° dla obciążenia czysto rezystancyjnego (U i I w fazie)
φ = +90° dla obciążenia czysto indukcyjnego (I opóźnione w stosunku do U)
φ = -90° dla obciążenia czysto pojemnościowego (I wyprzedza U)
Cos φ może przybierać wartości między 1 (φ = 0°) a 0 (φ = +90° lub φ = -90°).

Utrudnienia spowodowane nieodpowiednim cos φ przedstawia poniższy przykład zilustrowany wykresem wektorowym.

$\varphi_1 = 30° \Rightarrow \cos \varphi_1 = 0{,}86$
$\varphi_2 = 60° \Rightarrow \cos \varphi_2 = 0{,}5$
Dla prądu czynnego I_a pobranego przez odbiornik przy cos φ = 0,5 całkowity prąd obwodu I_{t2} będzie większy niż I_{t1} przy cos φ = 0,86.

Wzór: $I = \dfrac{P}{U\sqrt{3}\cos\varphi}$ **dla odbiornika trójfazowego pokazuje, że prąd jest wprost proporcjonalny do mocy i odwrotnie proporcjonalny do cos φ. Np. prąd I podwaja się, jeżeli φ zmniejsza wartość z 1 do 0,5.**

Warunki dystrybucji energii (ciąg dalszy)

Kondensatory można instalować blisko odbiornika, który ma niewłaściwy cos φ, na początku obwodu lub między grupami obwodów albo budynków.
W pierwszym przypadku baterię kondensatorów dopasowuje się do odbiornika, z którym ma działać (kompensacja lokalna). Bateria nie powinna działać stale (przekompensowanie może prowadzić do przepięć). Baterie stosuje się do odbiorników o dużym poborze mocy indukcyjnej.
W drugim przypadku chodzi o kompensację grupową, na początku obwodu zasilającego kilka odbiorników. To rozwiązanie umożliwia zachowanie jednoczesności działania odbiorników i lepsze wykorzystanie mocy. Instalację taką można zautomatyzować poprzez zastosowanie sterownika warymetrycznego, który załącza lub odłącza kondensatory w instalacji w zależności od zmiany obciążenia.

< Zainstalowana w rozdzielnicy bateria kondensatorów ze sterownikiem.

Kompensacja grupowa na początku obwodu

Przy instalowaniu kondensatorów kompensacyjnych należy zachować pewne środki bezpieczeństwa:
- należy uwzględnić rezystancję obciążenia,
- kondensatory powinny być wyłączone, jeżeli obciążenie jest zbyt małe,
- aparaty sterownicze i zabezpieczające z powodu występujących prądów rozruchu powinny mieć większe prądy znamionowe (patrz strona obok),
- cewki indukcyjne muszą być podłączone szeregowo do kondensatorów.

Kompensacja mocy biernej Q zmniejsza straty w instalacjach i pozwala uniknąć wysokich opłat za energię bierną. Poprawny cos φ optymalizuje zużycie energii. Transformator 1000 kVA może dostarczyć tylko 500 kW, gdy cos φ = 0,5.

Określanie mocy biernej Q' baterii kondensatorów kompensacyjnych

Na podstawie wymogów dostawcy energii

Oblicza się wartość za pomocą wzoru:

$$Q' = P(\text{tg}\,\varphi - 0,4)$$

Tg φ jest podawany przez dostawcę energii. Jeżeli jest on mniejszy od 0,4 (co odpowiada cos φ = 0,93), kompensacja nie jest potrzebna.

Na podstawie pomiarów mocy w reprezentatywnym okresie t (1 tydzień w miesiącu)

Tg φ oblicza się wg wzoru:

$$\text{tg}\,\varphi = \frac{Wp}{Q}$$

gdzie:
Wp: energia czynna w kWh,
Q: energia bierna w kVArh.
Moc P (kW) otrzymuje się dzieląc energię przez czas (podawany w godzinach):

$$P = \frac{Wp}{t}$$

Moc bierna baterii jest obliczana wg tego samego wzoru:

$$Q' = P(\text{tg}\,\varphi - 0,4)$$

Na podstawie pomiarów cos φ

Wartość tg φ oblicza się wg wzoru:

$$\text{tg}\,\varphi = \sqrt{\frac{1}{\cos\varphi} - 1}$$

Moc bierną Q' oblicza się wg wzoru podanego wyżej.

Na podstawie parametrów znamionowych odbiorników

Metodę tę można stosować w nowych instalacjach. Polega ona na zrobieniu wykazu wszystkich odbiorników, ich mocy i średniego cos φ. Dla każdej grupy oblicza się tg φ oraz moc kompensacji.

Przykład

Odbiornik	Moc (kW)	cos φ	tg φ	Q' (kVAr)
Oświetlenie żarowe	10	1		0
Oświetlenie fluorescencyjne	12	0,85	0,62	7,2
Ogrzewanie	30	0,95	0,33	nie dotyczy
Silniki	16	0,6	1,33	14,9

Całkowita moc bierna Q' kompensacyjna wynosi od 7,2 + 14,9 = 22 kVAr i może być zaokrąglona do wartości 25 kVAr: wartość standardowa dla kondensatorów.

Jeśli warunki pracy (czas trwania, jednoczesność obciążeń itd.) są dokładnie znane, można zastosować do tych obliczeń współczynniki korekcyjne, aby otrzymać precyzyjne dane (więcej informacji na str. 267).

Zabezpieczenie baterii kondensatorów

Prąd znamionowy aparatu zabezpieczającego musi być dobierany na podstawie rzeczywistego prądu użytkowego (I_B) powiększonego o współczynnik K:
- K = 2 dla Q ⩽ 25 kVAr
- K = 1,8 dla Q ⩽ 50 kVAr
- K = 1,7 dla Q ⩽ 100 kVAr
- K = 1,5 dla Q > 100 kVAr

$$I_B = \frac{Q \times 1000}{U\sqrt{3}} \times K$$

gdzie:
Q: moc bierna baterii kondensatorów (wyrażona w kVAr),
U: napięcie znamionowe instalacji trójfazowej.

Zasilanie

Mówiąc najogólniej zasilanie to dostarczanie energii. Zasilanie zapewniają źródła energii – sieci przesyłowe, baterie akumulatorów, zespoły prądotwórcze. Podłączanie kilku źródeł do instalacji może się odbywać na kilka sposobów i wymaga jej zautomatyzowania oraz rozbudowania.

Rodzaje zasilania instalacji określa się na podstawie kryteriów, takich jak: rodzaje odbiorników, ich moc, umiejscowienie, oraz warunków eksploatacji (bezpieczeństwo instalacji, zapewnienie ewakuacji, ciągłości zasilania).

Wyróżnia się kilka rodzajów zasilania:
- zasilanie główne,
- zasilanie rezerwowe,
- zasilanie awaryjne,
- zasilanie pomocnicze.

Typowa, ogólna budowa instalacji

ZASILANIE GŁÓWNE

Jest przeznaczone do stałego zasilania instalacji z sieci przesyłowej. Zasilanie odbiorców napięciem SN lub nN dobiera się w zależności od poboru mocy (patrz str. 19).

Klasyczna konfiguracja zasilania głównego. >

ZASILANIE REZERWOWE

W założeniu ma zastępować zasilanie główne.
Jest używane:
- w momencie awarii zasilania głównego; działa jako zasilanie awaryjne, aby zapewnić ciągłość zasilania (np. w szpitalach, w informatyce, w przypadku zasilania linii technologicznych w zakładach przemysłowych, w przemyśle rolno-spożywczym itd.),
- ze względów ekonomicznych,
– zastępuje całkowicie lub częściowo zasilanie główne (np. opcja ograniczania poboru mocy, wykorzystywanie źródeł odnawialnych itd.).

< 2 wyłączniki DMX w układzie przełączania źródeł zasilania w rozdzielnicy nN.

^ 2 wyłączniki DPX na jednej podstawie montażowej z napędami zdalnego sterowania.

Sterownik do przełączania źródeł zasilania (SZR). >

Zasilanie awaryjne

ZASILANIE AWARYJNE

Zasilanie awaryjne ma na celu podtrzymanie zasilania, czyli – dostarcza energię, aby zapewnić bezpieczeństwo w obiekcie w przypadku utraty zasilania głównego i rezerwowego. Podtrzymanie zasilania jest konieczne, aby:
- mogły działać obwody awaryjne na wypadek np. pożaru (oświetlenie awaryjne, sygnalizacja alarmu, czujniki alarmu, oddymianie itp.),
- mogły działać obwody, takie jak: zdalne sterowanie, zdalna komunikacja, elementy budynku, które muszą działać, aby chronić ludzi w przypadku awarii (np. windy, blok operacyjny itd.). Zasilanie awaryjne może być załączane ręcznie lub automatycznie i ma pełną autonomię działania.

^ Zasilacze stabilizowane bezpieczeństwa na 12, 24 lub 48 V zapewniające podtrzymanie 1 h.

^ Centrale zasilania Relergy do awaryjnego zasilania elektrycznego przeznaczone do zasilania systemów alarmu przeciwpożarowego.

ZASILANIE POMOCNICZE

Jest przeznaczone do zapewnienia działania obwodów „pomocniczych" (obwody i urządzenia do sterowania i sygnalizacji). Zasilane jest przez osobne źródło, które może pochodzić od zasilania głównego. Jest to zasilanie niezależne, zapewniające bezpieczeństwo działania instalacji. Zwykle ma inną wartość napięcia niż wartość napięcia zasilania głównego (np.: bardzo niskie napięcie prądu stałego lub przemiennego). Aby zasilacz dodatkowy mógł działać jako zasilacz awaryjny, musi spełniać niektóre kryteria, takie jak odpowiednia moc i autonomia.

Pomimo że zastosowanie zasilaczy jest zwykle wymagane gdyż zapewniają bezpieczeństwo ludzi (bardzo niskie napięcie zasilania awaryjnego) oraz z powodu różnych napięć, należy pamiętać, że zasilacze produkcji Legrand mają wbudowany transformator, który w sposób prosty i skuteczny ogranicza zakłócenia elektromagnetyczne i zapewnia zasilanie czułych urządzeń.

^ Zasilacze stabilizowane z filtrem, transformatory do sterowania i sygnalizacji – Legrand dostarcza wszystkie rozwiązania w zakresie zasilania pomocniczego.

< Zasilanie pomocnicze przeznaczone do różnych zastosowań w zależności od wartości napięcia i mocy.

Bardzo ważne jest zapewnienie ciągłości zasilania (koncepcja GDWJ: Gwarantowana Dostępność, Wysoka Jakość). Nowe technologie (mikroturbiny, ogniwa paliwowe, aerogeneratory, baterie słoneczne) będą umożliwiać krótkotrwałą produkcję energii i przez to uzupełniać główną sieć przesyłową. Nowe koncepcje budowy sieci umożliwią eksploatację nowych źródeł, uwzględniając kryteria, takie jak: bezpieczeństwo, brak przerw w zasilaniu, wysoka jakość zasilania.

Źródła zasilania

Źródła niezależnie od zastosowań dzielą się ze względu na moc, autonomię, pochodzenie energii i koszt eksploatacji.

TRANSFORMATORY WYSOKIEGO (ŚREDNIEGO) I NISKIEGO NAPIĘCIA

Transformatory realizują zwykle funkcję obniżania napięcia, tzn. umożliwiają zasilanie instalacji niskiego napięcia z sieci wysokiego (średniego) napięcia. Istnieją dwa rodzaje transformatorów, które różnią się budową: transformatory olejowe i transformatory suche.

Transformatory olejowe

Obwód magnetyczny i uzwojenia są zanurzone w dielektrycznej cieczy, która izoluje i chłodzi transformator. Objętość cieczy powiększa się w zależności od obciążenia i temperatury otoczenia. Zwykle stosuje się olej mineralny, który jest łatwopalny i wymaga zachowania pewnych środków ostrożności (ryzyko pożaru, wybuchu lub zanieczyszczenia środowiska). Aby do takich sytuacji nie dopuścić, stosuje się środki zapobiegawcze, które kontrolują za pomocą czujników gaz, ciśnienie i temperaturę (1 lub 2 poziomy detekcji). System ten umożliwia odcięcie zasilania nN (1 poziom), a następnie zasilania SN (2 poziom) w momencie wystąpienia awarii wewnątrz transformatora. Istnieją cztery rodzaje transformatorów olejowych: transformatory otwarte, transformatory z poduszką gazową, transformatory z konserwatorem oleju i transformatory hermetyczne. Obecnie stosowane są jedynie dwa ostatnie rodzaje transformatorów.

Przykładowe normy konstrukcyjne transformatorów olejowych

PN-EN 60076-1:2001/A1:2007 Transformatory. Wymagania ogólne.
PN-EN 60076-5:2006 Transformatory. Część 5: Wytrzymałość zwarciowa. Power transformers.
PN-EN 60076-13:2007 Transformatory. Część 13: Transformatory olejowe z własnym wewnętrznym zabezpieczeniem.
HD 428.6 S1:2002 Trójfazowe olejowe transformatory rozdzielcze 50 Hz, od 50 do 2500 kVA o najwyższym napięciu urządzenia nieprzekraczającym 36 kV. Część 6: Wymagania i próby dotyczące kadzi falistych ciśnieniowych.
PN-EN 50464-1:2007 (U) Trójfazowe olejowe transformatory rozdzielcze 50 Hz od 50 do 2500 kVA o najwyższym napięciu urządzenia nieprzekraczającym 36 kV. Część 1: wymagania ogólne.

Transformatory otwarte

Między pokrywą a powierzchnią oleju znajduje się powietrze, dzięki któremu olej może powiększać objętość i nie wypłynąć na zewnątrz. Transformator „oddycha", ale olej wchłania wilgoć z powietrza, co powoduje zmniejszenie wytrzymałości dielektrycznej transformatora.

Transformatory z poduszką gazową

Zbiornik jest szczelnie zamknięty i warstwa neutralnego gazu kompensuje zmianę objętości cieczy dielektrycznej (ryzyko wycieku).

Transformatory suche

Transformatory te mają tę zaletę, że nie występuje w ich przypadku ryzyko wycieku oleju i zanieczyszczenia środowiska. Z drugiej strony wymagają one zachowania szczególnych środków ostrożności przy uruchamianiu i eksploatacji (pomieszczenie musi być wentylowane, odkurzane itd.). Pomiędzy zwoje wprowadza się czujniki które kontrolują ich temperaturę wewnętrzną, i w przypadku, gdy dochodzi do przegrzania, następuje automatyczne odcięcie zasilania transformatora.

Transformatory z konserwatorem oleju

Aby uniknąć wcześniej opisywanych niedogodności, stosuje się dodatkowy zbiornik, który ogranicza kontakt między powietrzem a olejem i kompensuje nadciśnienie. Mimo to dielektryk utlenia się i wchłania wilgoć. Zjawisko to jest ograniczane poprzez dodanie odwilżacza, jednak takie rozwiązanie wiąże się z koniecznością częstego serwisowania.

Transformatory suche

Uzwojenia pierwotne i wtórne są izolowane lub osłonięte żywicą izolacyjną. Chłodzenie powietrzem, nie stosuje się cieczy.

Transformatory hermetyczne

Zbiornik jest całkowicie wypełniony cieczą dielektryczną i hermetycznie zamknięty. Nie występuje ryzyko utleniania oleju.

Podwyższone ciśnienie, spowodowane powiększaniem się objętości oleju, jest kompensowane w żebrach zbiornika.

Przykładowe normy konstrukcyjne transformatorów suchych

PN-EN 60076-11:2006 Transformatory. Transformatory suche.

PN-EN 60727:2003(U) Transformatory suche.

Źródła zasilania (ciąg dalszy)

Parametry transformatorów WN (SN)/nN

Parametry techniczne		
Moc znamionowa (kVA)		od 50 do 2500 $S = \sqrt{3}\, U_1\, I_1$
Częstotliwość (Hz)		od 50 do 60
Rodzaj działania		Obniżający, podnoszący, odwracalny
Napięcia znamionowe	**Pierwotne U_1 (kV)**	6 - 6,3 - 10 - 10,5 - 15 - 15,75 - 20 - 21 - 33
	Wtórne U_2 (V)	230 - 400 - 410 - 420 - 525 - 690
Napięcia izolacji U_i	**Pierwotne (kV)**	7,2 - 12 - 17,5 - 24 - 36
	Wtórne (kV)	1,1
Napięcie zwarciowe (%) U_z		Procent napięcia znamionowego, które należy zastosować, aby otrzymać natężenie nominalne przy zwartym uzwojeniu pierwotnym lub wtórnym. Zwykle: 4% dla S ⩽630 kVA i 6% dla S > 630 kVA
Nastawa napięcia		Regulacja napięcia przy pomocy odczepów. Zakres regulacji wymagany przez normy wynosi ±2,5% U_n
Dopuszczalna wysokość użytkowania n.p.m.		⩽1000 m
Temperatura pracy	**Standardowa**	od -25°C do +40°C
	Średnia dzienna w najcieplejszym miesiącu	30°C
	Średnia roczna	20°C
Sposób instalowania	**Na zewnątrz, na słupie**	P ⩽160 kVA
	Na zewnątrz lub wewnątrz pomieszczenia technicznego	Wszystkie wartości mocy

Parametry związane z budową transformatora			
Budowa transformatora		**Olejowy**	**Suchy**
Dielektryk		Olej mineralny	Żywica
Klasa cieplna izolacji		A	B/F/H
Chłodzenie	**Naturalne**	Obieg naturalny (AN)	Obieg naturalny (AN)
	Wymuszone	Obieg wymuszony (AF)	Obieg wymuszony (AF)
Sposób podłączenia SN	**Na śruby**	Na specjalnych polach	Na porcelanowych poprzeczkach
	Na zaczepy	Na elementach stałych z zaczepami HN 52 S61	
Akcesoria		Zamykanie panelu MT na zamek. Części ruchome na zaczepach HN 52 S61 zamykane na zamek	
Podłączenia nN		Na porcelanowych poprzeczkach, na wspornikach szyn	Na szynach zasilających
Akcesoria nN		Osłona nN	
Wyposażenie ochrony wewnętrznej		Przekaźnik DGPT, DGPT2, przekaźnik Buccholza + odwilżacz	Czujnik temperatury wewn.
Inne akcesoria		Zawór spustowy	Przekaźniki monitorujące

Konfiguracje połączeń uzwojenia pierwotnego i wtórnego

Symbole stosowane do oznaczania połączeń

Litery Y, D i Z są używane do opisu rodzaju uzwojenia wysokiego napięcia, a litery y, d i z – do opisu uzwojenia niskiego napięcia i oznaczają sposób połączenia uzwojeń transformatora. W przypadku gdy można wyprowadzić punkt neutralny uzwojeń połączonych w gwiazdę lub w formie zygzaka, oznaczenia wyglądają następująco: YN lub ZN albo yn lub zn.

Sposób połączenia	Gwiazda	Trójkąt	Zygzak
Schemat			
Symbol			
Oznaczenie literowe	Y lub y	D lub d	Z lub z
Uwagi	Sposób prosty, dostosowany do bardzo wysokich napięć	Dostosowany do większych prądów	Stosowany od strony uzwojenia wtórnego transformatorów

Najczęściej spotykane konfiguracje połączeń uzwojenia pierwotnego i wtórnego to:
- gwiazda/gwiazda (Yy): połączenie solidne, proste, z dostępnym przewodem neutralnym, ale słabo przystosowane do dużych prądów i niesymetrycznych układów sieciowych,
- gwiazda/trójkąt (Yd): duża odporność na niesymetrie w układach sieciowych, nie występują harmoniczne trzeciego rzędu (brak punktu neutralnego na uzwojeniu wtórnym),
- trójkąt/gwiazda (Dy): brak punktu neutralnego na uzwojeniu pierwotnym, możliwy punkt neutralny na uzwojeniu wtórnym przewód czterożyłowy (wejście przewodem czterożyłowym),
- gwiazda/zygzak (Yz): uzwojenie pierwotne dostosowane do dużych wartości napięć, możliwe uziemienie punktu neutralnego, nie występują harmoniczne trzeciego rzędu, dobra odporność na niesymetrie w układach sieciowych, małe wewnętrzne spadki napięć, ale większy koszt i większe wymiary zewnętrzne,
- trójkąt/zygzak (Dz): takie same cechy jak Yz, ale lepsza odporność na niesymetrie w układach sieciowych, brak punktu neutralnego na uzwojeniu pierwotnym.

Wskaźnik godzinowy

Oznaczenie sposobu połączenia przy użyciu liter jest uzupełniane przez dodanie cyfry, która pokazuje kątowe przesunięcie fazowe, np. Yy6, Yd11, Ynyn0 (przewód neutralny wyprowadzony). Zamiast przedstawiać kątowe przesunięcie fazowe między wektorami napięć na uzwojeniach pierwotnym i wtórnym w stopniach, stosuje się sposób bardziej opisowy zwany „wskaźnikiem godzinowym". Zakłada się, że wektor napięcia od strony uzwojenia pierwotnego jest ustawiony na godz. 12 – wskaźnik godzinowy pokazuje godzinę, na której ustawiony jest odpowiedni wektor od strony uzwojenia wtórnego.

Przykład: Wskaźnik godzinowy 5 (przesunięcie fazowe o 150°).

Źródła zasilania (ciąg dalszy)

Przykładowe sprzężenia transformatorów

Praca równoległa transformatorów

Aby dwa transformatory trójfazowe mogły pracować równolegle, muszą spełniać warunki:
- stosunek mocy ≤2,
- jednakowe parametry napięć (przekładnie),
- jednakowe parametry zwarć (napięcie zwarciowe),
- jednakowe układy połączeń,
- identyczne wskaźniki godzinowe, dopuszcza się łączenie równoległe transformatorów o różnych wskaźnikach godzinowych przy odpowiedniej konfiguracji połączeń.

Wskaźniki godzinowe	0	4	8	6	10	12	1	5	7	11

Istnieje możliwość pracy równoległej różnych transformatorów, jeżeli zmieni się ich połączenia. Jednak zmiany te muszą być zaakceptowane przez konstruktorów urządzeń.

ZESPOŁY PRĄDOTWÓRCZE

Zespoły prądotwórcze są stosowane coraz częściej.
Ich celem jest:
- utworzenie głównego źródła zasilania na wypadek braku zasilania z sieci publicznej,
- zapewnienie ciągłości dostawy energii.

Mogą one stanowić (w zależności od swoich parametrów):
- zasilanie rezerwowe – na wypadek awarii zasilania głównego (z ewentualnymi ograniczeniami, jeżeli ich moc nie jest wystarczająca),
- zasilanie rezerwowe – jako drugie źródło dla zasilania głównego, aby zastąpić pierwsze z przyczyn ekonomicznych lub w przypadku szczytowego poboru prądu,
- zasilanie awaryjne, które można ewentualnie podłączyć do UPS-a – w celu podtrzymania zasilania instalacji, gdy istnieje zagrożenie rozładowania baterii.

Zdolność do autonomicznego działania w długim okresie powoduje, że zespoły prądotwórcze są często stosowane. Oferta producentów tych urządzeń jest właściwie niewyczerpana. W ofercie znajdują się zestawy o mocy od kilku kVA do kilku MVA. Zespoły prądotwórcze przewoźne o mocy do kilku MVA przeznaczone są do zasilania sieci publicznej na wypadek awarii natomiast zestawy stacjonarne o mocy kilkuset kVA przeznaczone są w większości do zasilania awaryjnego lub zastępczego. Źródłem energii w tego typu urządzeniach są najczęściej olej, gaz, para.

Inne źródła energii

Wciąż pojawiają się nowe sposoby generowania energii – zastępują one lub uzupełniają dotychczas działające zespoły prądotwórcze. Choć nie wszystkie weszły do powszechnego użytku, wkrótce z pewnością zmienią ofertę autonomicznego zasilania.
Szczególną uwagę należy zwrócić m.in. na:
- turbogeneratory (mikroturbiny gazowe),
- baterie paliwowe,
- generatory powietrzne (turbiny wiatrowe),
- baterie słoneczne.
Wszystkie te technologie korzystają w sposób pośredni z rozwoju elektroniki, która umożliwia przekształcenie prądu stałego lub przemiennego o wysokiej częstotliwości na prąd użytkowy o częstotliwości 50 Hz.

Źródła zasilania (ciąg dalszy)

Przy takiej różnorodności technologii i urządzeń klasyfikacja zespołów prądotwórczych jest prawie niemożliwa. Niemniej jednak stosuje się kilka kryteriów do ich opisu.

Czas interwencji

Określa się go wg czterech klas (zgodnie z prawem energetycznym i przepisami specjalistycznymi, np. wymaganiami dla szpitali):
- bezprzerwowy (zwany również czasem zerowym), do zasilania instalacji awaryjnych typu A,
- krótki czas przełączania (czas interwencji nie przekracza 1 s) – do zasilania instalacji typu B,
- długi czas przełączania (czas na przełączenie zasilania do 15 s),
- brak specyfikacji czasu (czas na przełączenie powyżej 15 s lub przełączenie ręczne).

Zastosowanie

Także i tutaj wyróżnia się cztery klasy, które opisują tolerancję wahań napięcia i częstotliwości w zależności od wymagań zasilanych odbiorników (zgodnie z prawem energetycznym i przepisami specjalistycznymi, np. wymaganiami dla szpitali):
- G1 (U: ±5%, f: ±2,5%)[1] dla prostych odbiorników rezystancyjnych (oświetlenie, ogrzewanie),
- G2 (U: ±2,5%, f: ±1,5%) dla odbiorników standardowych zasilanych z sieci publicznej (oświetlenie, silniki itp.),
- G3 (U: ±1%, f: ±0,5%) zasilanie urządzeń o dużej czułości (regulatory, urządzenia telekomunikacyjne itp.),
- G4 (brak ustalonych parametrów) dla odbiorników o specjalnych wymaganiach zasilania (np. urządzenia informatyczne).

(1) Wartości dla zasilania ciągłego. Podaje się również wartości przy zasilaniu przejściowym.

Sterownik do przełączania źródeł zasilania

Sterownik do przełączania źródeł zasilania o nr. ref. 0261 93 w zależności od wymagań układu zapewnia realizację wszystkich koniecznych funkcji:
- czas przełączania źródeł,
- zdalne wyłączenie,
- wykrywanie i powiadamianie o wyłączeniu awaryjnym,
- sterowanie z ograniczeniem poboru mocy,
- opcje komunikacyjne.
(patrz str. 436)

Przełącznik zasilania rezerwowego

W przypadku awarii głównego źródła zasilania jest ono odłączane (otwarcie Q_1), Q_3 jest ewentualnie sterowane (otwarcie) w celu ograniczenia obciążenia przed zamknięciem Q_2, co umożliwia zasilanie przez zespoły prądotwórcze wybranych obwodów.
Sekwencje manewrów można wykonywać ręcznie, półautomatycznie lub automatycznie, jednak we wszystkich przypadkach elektryczne i mechaniczne blokady powinny uniemożliwić jednoczesne podłączenie dwóch źródeł zasilania.

W instalacjach o dużej mocy, zasilanych bezpośrednio wysokim napięciem zaleca się podłączenie zastępczego źródła bezpośrednio do sieci średniego napięcia przy użyciu transformatora podwyższającego nN/SN. Przełączenia są wykonywane bezpośrednio na wysokim napięciu, więc przy mniejszych prądach. Połączenia masy SN powinny odbyć się w systemie sieci TNR (patrz str. 24).

Źródła zasilania (ciąg dalszy)

UPS

UPS jest zastępczym źródłem zasilania, a jego autonomia zależy od pojemności baterii. Technologia „on-line" umożliwia zabezpieczenie niektórych urządzeń czułych na zakłócenia zasilania (np. mikrowyłączenia).

Rodzaje UPS-ów „off-line"

Technologię tę, zwaną również „stand-by", stosuje się dla najmniejszych mocy, które nie przekraczają kilku kVA. Obciążenie jest zasilane bezpośrednio z sieci przez prosty filtr, który zmniejsza zakłócenia.
W przypadku awarii sieci elektrycznej zasilanie zostaje przeniesione na baterię UPS przez szybkie przełączenie (od 2 do 10 ms). Należy sprawdzić, czy zasilane urządzenie „wytrzyma" to krótkie wyłączenie.

Istnieje jeszcze kilka innych określeń tej technologii, np. „no-break", „in-line", „podwójne przełączenie" itp. Są to określenia bardziej marketingowe niż techniczne.

Rodzaje UPS-ów „on-line"

Jest to technologia najczęściej spotykana dla mocy powyżej 3 kVA, uznawana za najbardziej wytrzymałą. Obciążenie jest stale zasilane przez UPS, co zapewnia stałą regulację napięcia i częstotliwości na wyjściu aparatu (od ±1 do 3%). W przypadku awarii sieci elektrycznej powyżej obciążenie jest zasilane bez przełączenia.

Opis technologii w skrócie

Funkcje	Off-line	On-line
Czas przełączenia zasilania z sieci na baterię	Tak	Nie
Zabezpieczenie przed mikrowyłączeniami poniżej 5 ms	Nie	Tak
Regulacja częstotliwości	Nie	Tak
Regulacja napięcia	Nie	Tak
Absorpcja przepięć	Nie	Tak
Filtr harmonicznych	Nie	Tak
Absorpcja udarów prądowych (prąd rozruchu)	Nie	Tak

BATERIE

Bateria składa się z akumulatorów połączonych ze sobą.
Istnieją dwa rodzaje baterii:
- baterie otwarte, składające się z elementów wyposażonych w otwory, które umożliwiają oddanie do atmosfery mieszanki gazowej (tlenu i wodoru) i przywrócenie poziomu elektrolitu, są one używane w dużych konfiguracjach i muszą być umieszczone w dobrze wentylowanym pomieszczeniu,
- baterie niewymagające konserwacji, składające się z elementów, których poziom rekombinacji wynosi 95%, nie wymagają dodawania wody w czasie eksploatacji. Są stosowane w przypadku mocy dochodzących do 250 kVA.

Pomieszczenia, w których znajdują się baterie, powinny być odpowiednio wentylowane.
Baterie instaluje się najczęściej na specjalnych wspornikach. Ich autonomia i trwałość zależą od warunków eksploatacji (tzn. warunków, w jakich są rozładowywane), temperatury otoczenia i czasu eksploatacji.
Ten rodzaj źródeł jest zwykle stosowany lokalnie, np. dla podtrzymania oświetlenia awaryjnego, zasilania obwodów bezpieczeństwa.

Warunki instalowania i eksploatacji baterii akumulatorów (określone przez normę IEC 60364) zależą od ich mocy i ilości gazów, jakie emitują.
*** Wymagane jest pomieszczenie techniczne, jeżeli współczynnik p jest większy od 1000:**
p = C x U,
gdzie:
C: pojemność w Ah,
U: napięcie w V.
Jeśli wartość p nie przekracza 1000, baterie mogą być umieszczone w obudowie, która stoi w dowolnym pomieszczeniu, jednak dostęp do obudowy musi być ograniczony.
*** Konieczna jest wentylacja naturalna lub wymuszona. Obieg powietrza nie może być zamknięty i wentylacja musi mieć wydajność Q w m^3/h równą co najmniej:**
Q = k x N x I,
gdzie:
k: współczynnik, który zależy od rodzaju baterii (k = 0,0025 dla baterii bezobsługowych, k = 0,05 dla baterii otwartych),
N: ilość elementów baterii,
I: prąd znamionowy (w A) zabezpieczenia zabezpieczającego odbiorniki.
*** Odłączenie urządzeń odbiorczych powinno następować natychmiast w przypadku zaniku wentylacji dla baterii otwartych. W przypadku baterii z rekombinacją zwykle wystarczają normalne warunki wentylacji. W przypadku baterii umieszczonych w obudowie konieczne jest zastosowanie kratek wentylacyjnych dolnych i górnych.**

Pomieszczenia, w których znajdują się akumulatory na prąd stały o mocy powyżej 10 kW, „instalacje klasyfikowane", podlegają odrębnym przepisom (patrz str. 94).

Ochrona osób i mienia

Zagrożenia elektryczne..... str. 52

Zagrożenie pożarowe ..... str. 86

Uderzenie pioruna ..... str. 126

Zakłócenia elektromagnetyczne ..... str. 142

Wpływ środowiska, rozpad i korozja ..... str. 162

Ograniczenia mechaniczne ..... str. 212

Nagrzewanie i wentylacja obudów ..... str. 218

BEZPIECZEŃSTWO I GWARANCJA JAKOŚCI

Pojęcie bezpieczeństwa odnosi się bezpośrednio lub pośrednio do osób i mienia w momencie wystąpienia awarii. Środowisko naturalne uważane jest za ogólne mienie.

Gwarancja jakości dotyczy terminów, które można zmierzyć (np. wydajności, wytrzymałości urządzeń), oraz – co jest szczególnie ważne w zakresie przesyłu energii – niezawodności i ciągłości zasilania. Gwarancja jakości jest jednym z elementów, które zapewniają bezpieczeństwo.

Stale rosnąca jakość wykonania urządzeń elektrycznych, ewolucja norm i przepisów oraz coraz wyższe kompetencje specjalistów uczyniły dzisiaj z energii elektrycznej najpewniejszą i bardzo łatwo dostępną energię. Jednakże przy wszystkich sieciach i instalacjach elektrycznych konieczne jest uwzględnianie ryzyka związanego z użytkowaniem energii elektrycznej i wymagana kompleksowa wiedza w tym zakresie.

Wypadki o charakterze elektrycznym prowadzą do następującej konkluzji: wypadki mające związek z prądem elektrycznym są coraz rzadsze, ale prąd jest ciągle jedną z głównych przyczyn powstawania pożaru. Kompetencja, zdrowy rozsądek, dobra organizacja i właściwe przestrzeganie zasad BHP muszą być zawsze podstawą bezpieczeństwa, niemniej jednak konieczna wiedza i kompetencje stały się tak specyficzne w obecnej dobie, że zwykle potrzebna jest również pomoc specjalistów.

Oddanie do użytkowania budynków: mieszkalnych, użyteczności publicznej, przemysłowych oraz wszelkich nowych i przebudowanych instalacji musi być poprzedzone zgłoszeniem do odbioru i poddane kontroli w zakresie spełniania odpowiednich norm i przepisów. Sporządza się odpowiednie protokoły:
- końcowy protokół odbioru budynku, który jest opracowywany zgodnie z Prawem Budowlanym i dotyczy zapewnienia bezpieczeństwa osób i urządzeń zainstalowanych w tych obiektach,
- protokoły odbiorów początkowych a następnie okresowe przeglądy, które muszą być wykonywane zgodnie z Prawem Budowlanym.

Nie jest możliwym całkowite zabezpieczenie obiektu przed wystąpieniem wypadków, ale najlepszą gwarancją ich eliminacji jest podejście racjonalne i przemyślane oraz nadanie priorytetu bezpieczeństwu osób. Kwestia bezpieczeństwa musi być brana pod uwagę na każdym etapie projektowania.

W fazie projektu

- **Należy znać i uwzględniać wszystkie obowiązujące przepisy BHP oraz przepisy dotyczące wykonania specyficznych projektów (tj. instalacji klasyfikowanych, budowli niebezpiecznych).**
- **Należy przestrzegać wszystkich zasad i obliczeń przy projektowaniu instalacji.**

W fazie realizacji

- **Należy wybrać dobre jakościowo i pewne w użyciu materiały i urządzenia.**
- **Należy czuwać nad właściwym wykonaniem prac.**

W fazie eksploatacji

- **Należy dobrze określić zasady działania instalacji alarmowej.**
- **Należy przygotować i realizować harmonogramy serwisowania urządzeń.**
- **Należy przeszkolić personel w zakresie bezpiecznej eksploatacji urządzeń i instalacji.**

Zagrożenia elektryczne

Prąd elektryczny jest niebezpieczny głównie dlatego że jest niewidoczny. Skutki porażenia człowieka prądem są dzisiaj dość dobrze znane, a kwestia bezpieczeństwa osób jest priorytetem. Prąd elektryczny może spowodować również uszkodzenie samej instalacji, dlatego powinna być ona tak zaprojektowana i wykonana, aby niedopuścić do przypadków zagrożenia bezpieczeństwa osób oraz obiektów czy mienia.

RYZYKO PORAŻENIA PRĄDEM ELEKTRYCZNYM

Skutki porażenia ciała ludzkiego prądem elektrycznym zależą od dwóch czynników:
- od czasu przepływu prądu przez ciało,
- od natężenia i częstotliwości tego prądu.

Te dwa czynniki są od siebie niezależne, a poziom ryzyka waha się w zależności od wartości każdego z nich.
Wartość natężenia prądu, który jest niebezpieczny dla ciała ludzkiego, zależy od napięcia i od impedancji ciała ludzkiego. W praktyce określa się natężenie prądu na podstawie napięcia dotyku U_L, które wynosi 50 V. To napięcie uwzględnia maksymalny prąd, który może znieść ciało ludzkie o minimalnej wewnętrznej impedancji, w określonych warunkach.
Ryzyko to zależy to również od maksymalnego, dopuszczalnego czasu przepływu prądu przez ciało bez wystąpienia niebezpiecznych skutków patologicznych (np. migotanie komór serca).

1 ASPEKT FIZJOLOGICZNY

Ciało ludzkie podłączone pod napięcie reaguje jak klasyczny odbiornik, który ma pewną rezystancję wewnętrzną.
Prąd, przepływając przez ciało, może spowodować trzy bardzo niebezpieczne skutki:
- skurcze (przepływ prądu powoduje skurcze mięśni, co w obrębie klatki piersiowej może spowodować zaburzenia oddychania),
- migotanie komór serca (powoduje to całkowite zaburzenie rytmu serca),
- efekt cieplny (powoduje mniej lub bardziej poważne uszkodzenia naskórka, a w przypadku zetknięcia z prądami o dużym natężeniu mogą wystąpić również poważne oparzenia).

Tabela poniżej pokazuje, że przy kontakcie z napięciem 220 V przez ciało może przepłynąć prąd o wartości 147 mA. Aby uniknąć ryzyka porażenia, prąd ten powinien zostać odłączony w czasie co najmniej 0,18 sekundy.

Zależność między kontaktem z napięciem spodziewanym i maksymalnym czasem wyłączenia(1)

Spodziewane napięcie dotykowe U_C (V)	Impedancja elektryczna ciała ludzkiego Z (Ω)	Prąd przechodzący przez ciało ludzkie IΔ (mA)	Maksymalny czas przejścia t (s)
≤25	(1075)	(23)	∞
50	1 725 (925)	29 (54)	∞ (0,48)
75	1 625 (825)	46 (91)	0,60 (0,30)
100	1 600 (800)	62 (125)	0,40 (0,22)
125	1 562 (762)	80 (164)	0,33 (0,17)
220	1 500 (700)	147 (314)	0,18 (0,05)
300	1 460 (575)	205 (521)	0,12 (0,025)
400	1 425	280	0,07
500	1 400	350	0,04

(1) Wartości te uwzględniają podwójny dotyk – obie ręce, obie stopy.

W niektórych instalacjach lub w niektórych warunkach (np. mokre pomieszczenia, mokra skóra, podłoga o słabej izolacji) należy uwzględniać niższą wartość impedancji ciała ludzkiego (są to wartości podane w nawiasach w tabeli na poprzedniej stronie).

Ryzyko porażenia prądem elektrycznym podają zawarte w normach charakterystyki czasowo-prądowe, gdzie:
IΔ: prąd, który przepływa przez ciało,
t: czas przepływu prądu przez ciało.
Te charakterystyki podane są w normach IEC 60479-1 i określają granice skutków, jakie może wywołać w ciele człowieka prąd przemienny o częstotliwości 50 Hz, oraz 4 główne strefy ryzyka.

Charakterystyka czasowo-prądowa skutków, jakie wywołuje prąd przemienny o częstotliwości od 15 do 100 Hz w ciele ludzkim

(1) Przy czasie poniżej 10 ms wartość graniczna prądu przepływającego przez ciało człowieka dla krzywej b pozostaje stała i równa 200 mA.

Strefa	Skutki fizjologiczne
AC-1	Zwykle nie występuje żadna reakcja.
AC-2	Zwykle nie występuje żaden niebezpieczny skutek uboczny.
AC-3	Zwykle nie występuje żadne uszkodzenie organiczne; możliwość wystąpienia skurczów mięśni lub problemów z oddychaniem przy czasie przepływu prądu powyżej 2 s. Powstają odwracalne zmiany w generowaniu impulsów pracy serca, które wzrastają wraz z natężeniem prądu i czasem jego przepływu.
AC-4	Wraz ze wzrostem natężenia prądu i czasu pojawiają się skutki patofizjologiczne, takie jak zatrzymanie pracy serca, zatrzymanie oddychania, poważne oparzenia, które mogą się pojawić wraz ze skutkami opisanymi w strefie trzeciej.
4.1	Możliwość wystąpienia migotania komór serca w 5% przypadków.
4.2	Możliwość wystąpienia migotania komór serca w nie więcej niż 50% przypadków.
4.3	Możliwość wystąpienia migotania komór serca powyżej 50% przypadków.

Wypadki związane z prądem elektrycznym pociągają za sobą w Polsce około stu pięćdziesięciu ofiar rocznie i to zarówno wśród elektryków, jak i wśród zwykłych użytkowników. Około połowa z nich dotyczy instalacji wewnętrznych niskiego napięcia. Powody pozostałej liczby wypadków są różne, np. kontakt z linią napowietrzną. Przepływ prądu elektrycznego przez ciało człowieka powoduje efekt „przyklejenia" ofiary (skurcze rąk w strefie dotyku) lub na odwrót – specyficzne rozluźnienie mięśni, które może spowodować np. upadek z drabiny. Wypadki te często wynikają z braku zachowania właściwych środków ostrożności, ale również ich powodem może być zły stan instalacji lub urządzeń, które powodują niespodziewane porażenie prądem. Przestrzeganie przepisów prawnych w zakresie zabezpieczenia gwarantuje bezpieczeństwo, pod warunkiem że wykonuje się okresowe przeglądy, pomiary i naprawy instalacji.

Zagrożenia elektryczne (ciąg dalszy)

2 OCHRONA PRZED PORAŻENIEM PRZY DOTYKU BEZPOŚREDNIM (OCHRONA PODSTAWOWA)

Mówimy o „dotyku bezpośrednim" wtedy, gdy człowiek z powodu nieostrożności, niewiedzy lub wadliwego działania, dotyka bezpośrednio nieizolowanej części urządzenia, sprzętu lub instalacji; które znajdują się pod napięciem.
Ochrona przed takim niebezpieczeństwem może być realizowana na kilka sposobów.

< „Dotyk bezpośredni" między fazą a przewodem neutralnym.

„Dotyk bezpośredni" między fazą i uziemieniem. >

Ochrona przez izolowanie części czynnych

Części czynne są pokryte izolacją, którą można zdjąć tylko przez demontaż lub przez jej zniszczenie. Urządzenia produkowane fabrycznie, kable i przewody oraz inne aparaty (narzędzia, lampy) muszą być osłonięte przez izolację.

Używanie jako izolacji lakierów, farb oraz innych podobnych środków nie jest dozwolone, chyba że mają gwarantowane właściwości mechaniczne, chemiczne i termiczne.

Ochrona przez stosowanie barier i obudów

Elementy czynne muszą być umieszczane za barierami lub wewnątrz obudów, które zapewniają im stopnie ochrony IP2X lub IPXXB. Dla elementów poziomych, po których lub pod którymi może chodzić człowiek (np. kładki lub kratownice), stopień ochrony musi wynosić IP4X lub IPXXD.

**Cyfra pierwsza w kodzie IPXX ma podwójne znaczenie – symbolizuje ochronę przed dostępem do części niebezpiecznych oraz ochronę przed penetracją obcych ciał stałych (norma EN 60529). Oznaczenie IP2X mówi, że wzięto pod uwagę dwa wymagania, które zostały przetestowane, czyli brak możliwości dotyku do części czynnych przez palec probierczy oraz przez kulkę o średnicy 5 cm.
W przypadku ochrony osób; powinno się sprawdzać tylko dostęp i najlepsze do tego celu jest oznaczenie IPXXB.**

Bariery i obudowy powinny być tak zbudowane, aby zapewnić wystarczającą odległość izolacyjną dostępu do elementów czynnych. Ich demontowanie oraz uzyskanie dostępu do części czynnych powinno się odbywać w następujących warunkach:
– przy użyciu odpowiednich narzędzi **[1]**
- po odłączeniu części czynnych spod napięcia **[2]** (co można uzyskać za pomocą rozłącznika izolacyjnego),
- kiedy drugi poziom bariery (ekran) ma zapewnić. zachowanie IP2X lub IPXXB, to musi być spełniony warunek dotyczący możliwości ich zdejmowania wyłącznie przy użyciu odpowiednich narzędzi **[3]**.
Blokowanie dostępu do części czynnych za pomocą specjalnych narzędzi powinno być dostosowane do realnych ograniczeń danej instalacji.

Ochrona przy zastosowaniu barier i obudów

Rozdzielnice i zestawy rozdzielnic elektrycznych

Brak przepisów, które regulowałyby dostęp do części czynnych po otwarciu drzwi lub po zdjęciu osłon, jest źródłem powstawania wielu interpretacji.
Organy kontroli i bezpieczeństwa oraz projektanci instalacji elektrycznych zaznaczają w dokumentacji konieczność zastosowania stopnia ochrony IPXXB dla urządzeń znajdujących się w zamkniętych obudowach. Posługują się oni argumentem, że obudowy te są rzadko zamykane na klucz i mają do nich dostęp niewykwalifikowani pracownicy.
Należy jednak być świadomym, że w rzeczywistych warunkach trudno jest zachować stopień ochrony IPXXB, tym bardziej że większa moc skutkuje powiększonym przekrojem przewodów i szyn zasilających. Praktycznym rozwiązaniem jest przeniesienie tych funkcji, do których dostęp jest konieczny, na drzwi rozdzielnicy lub na osłony.

Wymóg dotyczący zachowania IPXXB nie dotyczy przestrzeni za osłonami, które same mają IPXXB i demontuje się je przy użyciu specjalnego narzędzia. Należy się upewnić, że zabezpieczenie jest trwałe: nie należy uznawać za skuteczne elementów zabezpieczenia, które nie są kompletne lub które mogą tworzyć dodatkowe zagrożenie przez ich demontaż. Jeśli został zalecony stopień ochrony za osłonami, to powinien wystarczyć IPXXA (zabezpieczenie przed dotykiem do części czynnych wewnętrzną częścią dłoni). Mimo tego inwestor może zalecić wyższy stopień ochrony (IPXXB w strefie interwencji).

Zagrożenia elektryczne (ciąg dalszy)

Ochrona przez zastosowanie przeszkód

Przeszkody wykonuje się z barier lub z siatki, uniemożliwiają one dostęp do części instalacji znajdujących się pod napięciem. Jeśli mimo tego możliwe jest dojście do elementów przewodzących, to ten środek zabezpieczenia można stosować tylko w pomieszczeniach ruchu elektrycznego.

Ochrona przez umieszczanie elementów czynnych poza zasięgiem ręki

Jeśli elementy czynne mają różny potencjał (oddzielne obwody, elementy czynne i masy), muszą one być od siebie oddalone na odpowiednią odległość, aby nie były jednocześnie dostępne. Minimalny odstęp między nimi powinien wynosić 2,5 m i musi zostać ewentualnie zwiększony, jeśli używa się elementów przewodzących (np. drabiny). Ten sposób zabezpieczenia można łączyć ze stosowaniem przeszkód opisanym powyżej i można go stosować w pomieszczeniach ruchu elektrycznego oraz w przypadku linii napowietrznych.

Ochrona przez zastosowanie bezpiecznego niskiego napięcia

W celu zmniejszenia zagrożenia porażenia prądem elektrycznym stosuje się zasilanie niegroźnym dla człowieka napięciem, które jest podawane ze źródła bezpiecznego napięcia. Górna granica tego napięcia wynosi 50 V (umowna wartość graniczna), natomiast niższe wartości takiego napięcia (w granicach 24 V lub 12 V), są stosowane w pomieszczeniach wilgotnych lub mokrych. Jeśli źródło napięcia bezpiecznego (np. autotransformator, zasilacz elektroniczny) nie dostarcza takiego niskiego napięcia, obwód należy zabezpieczyć jak obwód nN. Bardzo niskie napięcie bezpieczeństwa może zapewniać ochronę zarówno przed porażeniem przy dotyku bezpośrednim, jak i pośrednim (patrz „Klasa III ochronności", str. 61).

Źródła napięcia bezpiecznego noszą nazwy:
– SELV, jeśli obwód nie jest uziemiony,
– PELV, jeśli obwód jest uziemiony.

> Transformatory bezpieczeństwa produkcji Legrand spełniają wymogi normy EN 61558-2-6 i mogą być źródłem napięcia bezpiecznego o mocy od 63 VA do 10 kVA.

Ochrona przez ograniczenie energii wyładowczej

Ten sposób ochrony stosuje się tylko w przypadku niektórych aparatów i nie można go stosować do całości instalacji. Energia i prąd wyładowczy są ograniczane w zależności od typu (urządzenia do elektroterapii, ogrodzenia elektryczne) do wartości, które mogą być odczuwalne, ale nie niebezpieczne.

Ochrona przez zastosowanie wyłącznika różnicowoprądowego o wysokiej czułości

Zastosowanie wyłączników różnicowoprądowych, których znamionowy prąd różnicowy nie przekracza 30 mA, pozwala na realizację dodatkowej ochrony przed porażeniem przy dotyku bezpośrednim, w przypadku gdy zawiodą inne zabezpieczenia.
Ten sposób zabezpieczenia sam w sobie nie jest wystarczający, ponieważ zabezpiecza tylko przed porażeniem przy dotyku między masą a przewodami czynnymi, a nie zabezpiecza przy dotyku między przewodami czynnymi.

Na stronie 393 przedstawiono zastosowania wyłączników różnicowoprądowych zalecane (zależnie od układów sieci) lub wymagane przez przepisy (gniazda odbiorcze, łazienki itd.).

< Wyłącznik różnicowoprądowy dwubiegunowy firmy Legrand o prądzie znamionowym różnicowym 30 mA, typu AC i prądzie znamionowym 25 A.

Zagrożenia elektryczne (ciąg dalszy)

3 OCHRONA PRZED PORAŻENIEM PRZY DOTYKU POŚREDNIM

Porażenie przy dotyku pośrednim występuje wtedy, gdy człowiek dotyka metalowej masy, która znajduje się przypadkowo pod napięciem (np. z powodu przebicia izolacji aparatu). Ważne jest zatem, aby szybko wykryć i wyeliminować to przebicie, zanim osoba dotknie tej masy. Ochrona przed „dotykiem pośrednim" polega na połączeniu takich środków ochrony, które dotyczą zarówno parametrów materiału (I, II lub III klasa ochronności), jak i wykonania instalacji (automatyczne wyłączenie, dodatkowa izolacja, bardzo niskie napięcie bezpieczeństwa).

Sposoby zabezpieczeń przed porażeniem przy dotyku pośrednim opisuje norma IEC 60364-4-41: 2005 (HD 60364-4-41: 2007).

Klasy zabezpieczeń przed „dotykiem bezpośrednim"

Klasa 0

Dla tej klasy nie przewiduje się żadnego sposobu połączenia metalowych elementów z przewodem ochronnym.
W przypadku przebicia izolacji metalowe elementy mogą znaleźć się pod napięciem. Zabezpieczenie ich polega na uniemożliwieniu styku z innym potencjałem. Można to wykonać jedynie w pomieszczeniach izolowanych lub gdy aparat klasy 0 jest zasilany przez oddzielne źródło.

Ryzyko porażenia prądem elektrycznym przy „dotyku pośrednim" jest szczególnie niebezpieczne, gdy powstaje na wykonanym z metalu elemencie, który normalnie nie jest niebezpieczny i zależy od dwóch czynników, których zwykle nie widać gołym okiem. Są to:
- zły stan izolacji aparatu lub sprzętu elektrycznego,
- brak lub przerwanie przewodu ochronnego (np. w urządzeniu przenośnym).
Wyłączniki różnicowoprądowe o dużej czułości są najskuteczniejszym sposobem zabezpieczenia przed ryzykiem porażenia przy „dotyku pośrednim". Rozpowszechnienie ich zastosowania – również w instalacjach istniejących – jest ważnym, gwarantującym bezpieczeństwo czynnikiem.

I klasa ochronności

U_1: wartość napięcia izolacji wymagana dla izolacji podstawowej
U_2: wartość napięcia izolacji, która weryfikuje izolację podwójną
Jeśli metalowa obudowa nie jest kompletna, pozostałe elementy izolacyjne lub metalowe niepołączone z przewodem ochronnym powinny być zabezpieczone podwójną izolacja (U_2) – patrz II klasa ochronności.

Poza izolacją podstawową ochrona ta polega na podłączeniu mas lub przewodzących elementów do przewodu ochronnego. Przewód ten jest elementem instalacji i jest uziemiony. Koncepcja I klasy ochronności zakłada wyrównanie potencjału mas, ciągłość mas, niezawodność połączeń i odpowiednią przewodność dla prądów uszkodzeniowych.

Urządzenia, sprzęt i wyposażenie wykonane w I klasie ochronności nie zapewniają same w sobie ochrony przed „dotykiem pośrednim". Ochrona ta zależy również od środków zastosowanych w samej instalacji, takich jak tworzenie pętli zwarcia, wykrywanie zwarcia i wyłączanie lub ograniczanie w zależności od układu sieci.

II klasa ochronności

U_1: napięcie izolacji wymagane dla izolacji podstawowej

U_2: napięcie izolacji, która weryfikuje izolację podwójną

W odróżnieniu od I klasy ochronności ochrona przy zastosowaniu klasy II nie zależy od warunków instalacji. Zachowanie bezpieczeństwa opiera się na prawdopodobieństwie, że nie nastąpi jednoczesne przebicie dwóch warstw izolacji. Podwójną izolację otrzymuje się przez dodanie jeszcze jednej warstwy izolacji, zwanej izolacją dodatkową, do izolacji podstawowej. Izolacje podstawową i dodatkową należy sprawdzać niezależnie. Jeśli występują metalowe elementy, nie można ich podłączać do przewodu ochronnego.

Zagrożenia elektryczne (ciąg dalszy)

Izolacja wzmocniona

To rozwiązanie jest zbliżone do zasady stosowanej przy izolacji podwójnej. Jest to pojedyncza izolacja o takich samych właściwościach elektrycznych i mechanicznych jak podwójna (jest wykonana np. z grubszego materiału izolacyjnego).
Taką izolację stosuje się, gdy nie można wykonać izolacji podwójnej.

Ochrona przez zastosowanie izolacji wzmocnionej jest często stosowana w przypadku elektrycznego sprzętu domowego (lampy, artykuły AGD lub narzędzia). Pojęcie II klasy ochronności ewoluuje.
Ta klasa ochronności jest dzisiaj stosowana w odbiornikach stacjonarnych (np. w grzejnikach elektrycznych), w elementach instalacji lub w rozdzielnicach. Ten ostatni przypadek dotyczy szczególnie rozdzielnic głównych, które muszą zapewnić skuteczną ochronę przed „dotykiem pośrednim" (patrz str. 72).

Dostosowanie do II klasy ochronności przez dodatkową izolację

Taka metoda polega na wykonaniu dodatkowej izolacji i tym samym spełnieniu warunków II klasy ochronności w przypadku urządzeń o 0 lub I klasie ochronności.
W tym ostatnim przypadku być przewód ochronny nie powinien być stosowany.
Metoda ta może być stosowana:
- aby zastosować aparat lub sprzęt w trudnych warunkach środowiskowych (np. gdy brak przewodu ochronnego),
- aby uzyskać II klasę ochronności w rozdzielnicach lub w całych zestawach rozdzielnic.

III klasa ochronności

Ta klasa ochronności charakteryzuje się tym, że zabezpieczenie przed porażeniem prądem elektrycznym uzyskuje się przez zastosowanie bardzo niskiego napięcia ≤50 V. Urządzenia oraz sprzęt o III klasie ochronności nie posiadają zacisku uziemiającego. Z kilkoma wyjątkami, które opisuje norma, nie powinny również posiadać zacisku masy (połączenie wyrównawcze) lub uziemienia funkcjonalnego.
Jeśli wewnątrz urządzenia III klasy ochronności pojawia się napięcie o wartości powyżej 50 V (np. w telewizorze zasilanym baterią), wówczas uznaje się, że to urządzenie nie spełnia wymogów III klasy ochronności.

Bezpieczeństwo użytkowania urządzeń wykonanych w III klasie ochronności jest zapewnione, gdy urządzenie to jest zasilane z bezpiecznego źródła (SELV).

*** Taka instalacja musi spełniać dwa warunki:**
- wszystkie elementy czynne muszą być oddzielone od siebie oraz od innych instalacji za pomocą izolacji podwójnej lub wzmocnionej,
- elementy czynne są odizolowane od uziemienia oraz od przewodu ochronnego innej instalacji.
*** Instalacja o bardzo niskim napięciu bezpiecznym (SELV) spełnia tylko pierwszy warunek.**
*** Instalacja o bardzo niskim napięciu funkcjonalnym (FELV) nie spełnia żadnego z podanych wyżej warunków.**

Ochrona przez samoczynne wyłączenie zasilania

Zastosowanie przewodów ochronnych, które łączą ze sobą wszystkie masy we wszystkich urządzeniach, umożliwia wykonanie obwodu zwanego „pętlą zwarcia", w którym może płynąć prąd spowodowany uszkodzeniem izolacji. W zależności od układu sieci prąd uszkodzeniowy zostaje lub nie zostaje uziemiony.
Natomiast celem tego zabezpieczenia jest utrzymanie potencjału mas o wartości niższej niż umowne napięcie graniczne 50 V.
Prądy zwarciowe są wyłączane przez wyłączniki i mogą to być:
- wyłączniki nadprądowe, które wyłączają prąd przeciążeniowy lub prąd zwarciowy w układzie sieci TN,
- wyłączniki różnicowoprądowe, które wyłączają małe prądy uszkodzeniowe w układzie sieci TT.
W układzie sieci IT nie ma konieczności wyłączania prądu zwarcia pojedynczego.
Aparaty zabezpieczające, które wyłączają zasilanie, muszą być wykonane w I klasie ochronności.
Dla poprawnej pracy tych aparatów wymagane jest stosowanie przewodu ochronnego. Przy wykonywaniu zestawów rozdzielnic wg zasad I klasy ochronności należy zastosować pewne środki ostrożności (patrz str. 66).

Wszystkie przewody ochronne muszą być przyłączone do wspólnego połączenia wyrównawczego, do którego są również podłączone wszystkie korytka metalowe do prowadzenia kabli.
Połączenie wyrównawcze niezależnie od układu sieci obniża napięcie dotykowe w momencie awarii.

Zagrożenia elektryczne (ciąg dalszy)

Zabezpieczenie przez zastosowanie izolacji podwójnej lub izolacji dodatkowej

Ograniczenie zagrożenia porażenia prądem elektrycznym uzyskuje się przez zwiększenie izolacji. Ochrona przez zastosowanie podwójnej izolacji nie ma żadnego zawiązku z budową instalacji (układem sieci i przewodem ochronnym), a zależy jedynie od użytego materiału. Wyróżnia się:
- urządzenia II klasy ochronności oznaczane symbolem ⧈, które podlegają wymogom własnej normy (dotyczy to urządzeń AGD, narzędzi, transformatorów lub grzejników),
- rozdzielnice lub zestawy rozdzielnic oznaczane informacją „całkowita izolacja" które zgodnie z normą EN 60439-1, posiadają obudowę izolacyjną. Rozdzielnice mieszkaniowe są oznaczane symbolem ⧈. W przypadku rozdzielnic większych mocy lub rozdzielnic przemysłowych, oznaczenie wykonuje prefabrykator,
- zestawy rozdzielnic z izolacją dodatkową, gdzie II klasę ochronności uzyskuje się dla całości lub dla części obudów w zależności budowy instalacji (patrz str. 72).

> Obudowa izolacyjna XL³ 400 o II klasie ochronności.

Zabezpieczenie przez zastosowanie bardzo niskiego napięcia bezpieczeństwa

Zastosowanie tej metody do zabezpieczenia przed „dotykiem bezpośrednim" (patrz str. 54) zapewnia również ochronę przed „dotykiem pośrednim". Należy zachować wszystkie środki ostrożności dotyczące podłączenia mas obwodów niskiego napięcia.

Bardzo niskie napięcie bezpieczeństwa musi być odseparowane od niskiego napięcia. Realizowane jest to poprzez odpowiednią izolację między uzwojeniami pierwotnym i wtórnym transformatora. Transformatory bezpieczeństwa produkcji Legrand spełniają wymogi normy EN 61558-2-6 i gwarantują niezawodność nawet w trudnych warunkach działania.
Jedynie aparaty zasilane bardzo niskim napięciem (≤12V) mogą być instalowane w strefach 0 lub 1 w pomieszczeniach sanitarnych lub pływalniach (IEC 60364-7-701).
Bardzo niskie napięcie bezpieczeństwa (SELV) jest zalecane we wszystkich instalacjach znajdujących się w pomieszczeniach o podwyższonej wilgotności (sauny, porty). Można je również stosować do zasilania lamp przenośnych lub ogrzewania podłogowego.

Rodzaje obwodów bardzo niskiego napięcia

■ Obwód o bardzo niskim napięciu bezpiecznym (SELV):
- części czynne tych obwodów nie są uziemione, nie mogą być połączone między sobą i nie mogą być podłączone do przewodu ochronnego,
- masy obwodów SELV nie mogą być połączone z innymi masami ani z przewodem ochronnym.

Uwaga: w przypadku gdy napięcie obwodu SELV jest wyższe niż 25 V, należy zapewnić ochronę przed „dotykiem pośrednim" IPXXB dla tych części, które znajdują się pod napięciem.

■ Obwód o bardzo niskim napięciu ochronnym (PELV):
- punkt uzwojenia wtórnego jest uziemiony.

W takim rozwiązaniu jeden z potencjałów obwodu bardzo niskiego napięcia jest uziemiony.
Można wykorzystać przewód ochrony zasilania uzwojenia pierwotnego. Transformatory produkcji Legrand ułatwiają przeprowadzenie tej czynności, ponieważ są wyposażone w zacisk przewodu ochronnego obok zacisków uzwojenia pierwotnego. Zwora do wykonania tego połączenia jest dostarczana w komplecie.

Uwaga: Masy obwodów PELV nie mogą być podłączane do przewodu PE ani do innych mas, które już są podłączone do przewodu PE . Gdyby zostały podłączone, wówczas ochrona przed „dotykiem pośrednim" nie byłaby zapewniona dla PELV, ale dla innych mas (układ sieci, wyłącznik różnicowoprądowy, II klasa ochronności itd.).

■ Obwód o bardzo niskim napięciu funkcjonalnym (FELV):
- bardzo niskie napięcie nie jest tu wykorzystywane ze względów bezpieczeństwa, ale z powodów funkcjonalnych (zasilanie urządzeń niskonapięciowych, np. lampki kontrolnej 24 V).

Zagrożenia elektryczne (ciąg dalszy)

Ochrona przez zastosowanie separacji elektrycznej

Obwód roboczy jest oddzielony od obwodu zasilania przy użyciu transformatora separacyjnego w taki sposób, że w przypadku wystąpienia zwarcia nie pojawi się żadne niebezpieczne napięcie między oddzielonym obwodem i uziemieniem. Najczęściej ogranicza się to zabezpieczenie do odseparowania jednego urządzenia. Elementy czynne oddzielonego obwodu nie mogą być podłączone do żadnego innego obwodu i nie mogą być uziemione. Masy odseparowanego obwodu nie powinny być podłączone do innych mas ani do przewodu ochronnego.

Gdy odseparowany obwód zasila kilka urządzeń, masy tych aparatów powinny być połączone między sobą przez nieuziemione przewody wyrównawcze. Jeżeli w obwodzie uzwojenia wtórnego mogą płynąć prądy o dużej wartości, zaleca się zastosowanie zabezpieczenia, które polega na wykonaniu wysp zależnie od układu sieci (sposób i warunki wykonania patrz str. 246).

Separacja obwodów umożliwia wykonanie zasilania urządzeń w warunkach pogorszenia izolacji:
- w pomieszczeniach sanitarnych, gdzie moc jest ograniczona (np. gniazda do golarek),
- w pomieszczeniach sanitarnych i pływalniach,
- w przenośnych narzędziach elektrycznych i miernikach używanych na budowach.
Legrand oferuje szeroką gamę transformatorów przeznaczonych do separacji obwodów (2500 VA w sieci jednofazowej i 4 kVA w sieci trójfazowej). Separację można wykonać przy użyciu transformatorów izolacyjnych wykonanych zgodnie z normą IEC 742+A1.

Inne zastosowania elektrycznej separacji obwodów

■ Instalacje nienadzorowane
Separacja obwodów pozwala uniknąć wyłączenia niektórych urządzeń w przypadku awarii np. zamrażalnika, instalacji awaryjnej, oświetlenia ewakuacyjnego itp.

■ Zezwolenie na niestosowanie zabezpieczenia przed przeciążeniem z powodów bezpieczeństwa
Niektóre transformatory mogą być odporne na przeciążenia i nie muszą być wyposażone w aparaty zabezpieczające, co jest zalecane w niektórych wypadkach: np. przy zasilaniu podnośników elektromagnetycznych, obwodów do rozruchu maszyn itp.

■ Zabezpieczenie przeciwprzepięciowe
Odizolowując odbiorniki od obwodu zasilającego przez transformator separacyjny, zmniejsza się w znaczący sposób ryzyko uszkodzeń związane z najczęściej spotykanymi przepięciami (spowodowanymi np. uderzeniem pioruna).

■ Ochrona przed zakłóceniami elektromagnetycznymi
Transformator separacyjny może być stosowany jako zabezpieczenie przeciwprzepięciowe i jest dobrym, tanim i skutecznym sposobem na ograniczenie rozprzestrzeniania się zakłóceń elektromagnetycznych w zakresie najczęściej występującej częstotliwości (do 10 MHz). Legrand dostarcza również informacje o parametrach tłumienia zakłóceń przez transformatory (podane w dB w zależności od częstotliwości) oraz opracowuje i dostarcza odpowiednio wykonane urządzenia (np. wyposażone w ekrany).

Zasady tłumienia tych zakłóceń przez transformatory są opisane na str. 151.

Zabezpieczenie przez zastosowanie izolowania stanowiska

Ten sposób zabezpieczenia opiera się na niedopuszczaniu do możliwości wystąpienia jednoczesnego dotyku między dwiema masami lub między masą a częścią przewodzącą. W pomieszczeniu, w którym taka sytuacja może zaistnieć, podłoże i ściany powinny być izolowane, a pomieszczenie nie może zawierać elementów przewodzących.
Tego sposobu zabezpieczenia nie należy uznawać za wystarczający w pomieszczeniach mieszkalnych, gdzie jest podłoga izolacyjna (np. parkiet lub wykładzina), ponieważ izolacja takiej podłogi nie jest pewna. To zabezpieczenie stosuje się dodatkowo w laboratoriach, w których przeprowadzane są badania elektryczne.

Ochrona przez zastosowanie nieuziemionych połączeń wyrównawczych

Wszystkie dostępne masy muszą być połączone w taki sposób, aby nie pojawiło się między nimi żadne niebezpieczne napięcie. W praktyce ten sposób jest stosowany na niektórych stanowiskach pracy, np. na małych stanowiskach pomiarowych lub w autonomicznych instalacjach, gdzie uziemienie nie jest konieczne (patrz rozdział Układy sieci a kompatybilność elektromagnetyczna; str. 257).

Miejscowe połączenia wyrównawcze nie powinny być uziemiane. Nie ma to na celu zagwarantowania wyłączenia na wypadek awarii, ale ma zapewnić, żeby wszystkie dostępne masy miały ten sam potencjał. Zastosowanie tej metody jest opisane na str. 260 (budowa sieci zabezpieczającej).

Zagrożenia elektryczne (ciąg dalszy)

ZASADY TWORZENIA ZESTAWÓW

Wszyscy producenci, a w szczególności Legrand, biorą pełną odpowiedzialność za konstrukcje swoich urządzeń. Wszystkie oferowane przez Legrand urządzenia spełniają wymagania norm, przepisów i wytycznych dotyczących zasad ich instalowania i użytkowania. Natomiast dokonanie prawidłowego doboru tych urządzeń do konkretnych i realnych warunków, ich prefabrykacja i zamontowanie leżą po stronie instalatora.

1 ZESTAWY I KLASY OCHRONNOŚCI

Zasady opisane poniżej stanowią streszczenie wymogów norm EN 60204-1, EN 60439–1, IEC 60364, IEC 1140.
Za masy uważa się wszystkie metalowe elementy dostępne dla użytkownika, nawet jeśli są pokryte specjalną powłoką lub farbą, z wyjątkiem sytuacji, gdy te metalowe elementy są pokryte izolacyjną, testowaną warstwą, np. przyklejoną powłoką izolacyjną. Do mas zalicza się również metalowe elementy niedostępne dla użytkownika, ale dostępne dla osób wykonujących naprawy, gdy po zdemontowaniu osłon następuje ryzyko dotyku (np. konstrukcje wsporcze, płyty montażowe lub wsporniki aparatów). Do mas należą też wszelkie elementy metalowe pośrednie, które nie są dostępne, lecz które przy mechanicznym kontakcie mas mogą powodować rozprzestrzenianie się potencjału.
Elementy całkowicie niedostępne zarówno dla użytkowników, jak i dla osób wykonujących naprawy – czyli masy, które z powodu małych rozmiarów (poniżej 50 x 50 mm) nie wchodzą w kontakt z ciałem (chyba że można je ścisnąć w placach lub w dłoni), rdzenie styczników oraz elektromagnesy – nie są traktowane jako masy i nie muszą być podłączane do przewodu ochronnego.

Podłączenie mas w rozdzielnicy o I klasie ochronności

Przyłączanie przewodu ochronnego

Listwa zaciskowa do przyłączania przewodów ochronnych (oznaczona symbolem ⏚) jest połączona z konstrukcją wsporczą rozdzielnicy lub z jej szkieletem. Listwa ta jest wyposażona w zacisk do podłączenia przewodu ochronnego zasilania. Zacisk jest tak dobrany, aby pomieścił przewody o przekrojach podanych w tabeli poniżej. Przewody ochronne obwodów odbiorczych są również podłączone do tej listwy.
Nie należy ich natomiast łączyć w jednym punkcie zaciskowym, lecz korzystać z zacisków znajdujących się w listwach. Wyjątek mogą stanowić szyny zasilające, do których przez gwintowany otwór mogą być podłączone końcówki kablowe.
Nie jest dopuszczalne zdrapywanie lakieru ani zdejmowanie kawałka powłoki izolacyjnej w celu wykonania podłączenia przewodu ochronnego.

Minimalny przekrój przewodów ochronnych (IEC 60364)

Przekrój przewodów fazowych S (mm²)	Przekrój minimalny odpowiedniego przewodu ochronnego S_{PE} (mm²)
S ≤ 16	S
16 < S ≤ 35	16
35 < S ≤ 400	S/2
400 < S ≤ 800	200[1]
S > 800	S/4[1]

(1) EN 60439-1

Wyrównanie potencjałów mas

Masy powinny być elektrycznie połączone między sobą, aby nigdy nie pojawił się żaden niebezpieczny potencjał między nimi, a zwłaszcza między masami dostępnymi do dotyku. Można uzyskać taką ciągłość przez wykonanie połączeń wyrównawczych.

Ciągłość mas uzyskana konstrukcyjnie

Ciągłość taką należy chronić przed zniszczeniem mechanicznym lub chemicznym. Kompatybilność elektrochemiczną dwóch metali można sprawdzić w tabeli na str. 196. Zdemontowanie jednego z elementów nie powinno wpływać na przerwanie połączenia wyrównawczego. W związku z tym masy nie powinny być połączone szeregowo. W miarę możliwości połączenie elektryczne powinno zależeć od mechanicznego zamocowania (np. wspólna śruba).

> Konstrukcja wsporników do rozdzielnic XL³ zapewnia ciągłość mas.

Zaleca się wykonanie połączeń w kilku miejscach. Mocowanie pokryw i płyt niepołączonych przewodami wyrównawczymi najlepiej wykonać za pomocą wkrętów lub nitów w miejscach nie pokrytych farbą. W miejscach, gdzie zastosowano do łączenia pazurki, podkładki lub nity, należy przeprowadzić badanie ciągłości elektrycznej (patrz str. 71).

Zagrożenia elektryczne (ciąg dalszy)

Ciągłość mas przez zastosowanie połączenia wyrównawczego

W przypadku gdy masy, takie jak drzwi, ekran ochronny, płyty, nie są powiązane z żadnym aparatem czy sprzętem, połączenie wyrównawcze tych mas wykonuje się przy użyciu przewodu o minimalnym przekroju 2,5 mm^2. Funkcję tę może spełnić przewód wielożyłowy lub jednożyłowy izolowany. Przekrój tego przewodu powinien wynosić do 4 mm^2, jeśli przewód nie jest izolowany lub jeśli może być narażony na uszkodzenia mechaniczne (np. z powodu otwierania drzwi). Podłączenia przewodu wyrównawczego z masami muszą być wykonane solidnie (zdjęta farba, zabezpieczenie przed korozją). Sprawdzanie ciągłości przeprowadza się wg wskazówek opisanych na stronie 71.
Uwaga: Połączenia wyrównawcze wykonane przy użyciu przewodów są zwykle niezależne od funkcji mechanicznych i istnieje ryzyko, że osoba wykonująca przegląd może zapomnieć o ich ponownym podłączeniu. Aby zminimalizować to ryzyko, połączenia wyrównawcze powinno umieszczać się obok zamocowań i odpowiednio oznaczać; izolacja przewodów powinna być koloru żółto-zielonego lub końce przewodów powinny być oznaczone tymi kolorami oraz symbolem ⏚.

Minimalny przekrój przewodów do połączeń wyrównawczych (EN 60439-1)

Prąd znamionowy użytkowy (A)	Minimalny przekrój przewodu połączenia wyrównawczego (mm^2)
$I_e \leq 25$	2,5
$25 < I_e \leq 32$	4
$32 < I_e \leq 63$	6
$63 < I_e \leq 80$	10
$80 < I_e \leq 160$	16
$160 < I_e \leq 200$	25
$200 < I_e \leq 250$	35

Podłączenie wyposażenia

Gdy aparaty lub inne wyposażenie są zamocowane na masach, a zwłaszcza na masach ruchomych (drzwi, płyty, panele), to przewodzące części tych aparatów powinny być podłączone bezpośrednio do przewodu ochronnego, za pomocą specjalnego zacisku, jeśli taki posiadają. Przekrój tego przewodu dobiera się w zależności od przekroju przewodów fazowych, które zasilają dany aparat, zgodnie z tabelą podaną na str. 67. Zaciski przewodu PE nie powinny pełnić innych funkcji (np. funkcji mechanicznego zamocowania).

Użycie mas jako przewodu ochronnego

Dopuszcza się takie rozwiązanie pod warunkiem przestrzegania pewnych środków ostrożności. Masy użyte na końcach przewodów ochronnych powinny mieć konduktancję, która jest wystarczająca, a zarazem równa konduktancji wynikającej z użycia przewodów miedzianych. Ten parametr sprawdza się za pomocą badań opisanych na str. 71. (ciągłość mas i odporność na przetężenia).
Ewentualne połączenia między poszczególnymi elementami muszą być zabezpieczone przed uszkodzeniami mechanicznymi, chemicznymi i elektrodynamicznymi. Powinno ograniczyć się ryzyko polegające na tym, aby demontaż jednego z elementów mógł spowodować przerwanie obwodu ochronnego.
Można to wykonać następująco:
- łącząc elektrycznie masy tak, aby przy braku ich ciągłości urządzenie nie mogło działać normalnie,
- ograniczając ilość aparatów do jednostkowych, co w przypadku uszkodzenia obwodu ochronnego pozwoli zlokalizować uszkodzenie przez pomiar,
- wykonując specjalny układ elektryczny do kontroli ciągłości obwodu ochronnego.

Miejscowe wykorzystanie masy jako przewodu ochronnego

Metodę tę stosuje się, gdy jeden aparat (lub kilka aparatów) nie posiada zacisku do podłączenia własnego przewodu ochronnego (np. lampki kontrolne na metalowych podstawach, metalowe elementy sterownicze) i jest zamocowany na takich elementach, jak drzwi, płyty, panele itd.
Oprócz ogólnych zasad, należy jeszcze wziąć pod uwagę następujące środki ostrożności:
- zestyk elektryczny między wspornikiem a aparatem (lub aparatami) musi być bardzo solidnie wykonany (zdjęta farba, zabezpieczenie przed korozją),
- dodatkowe połączenie wyrównawcze między wspornikiem a obwodem głównym zabezpieczenia (bez względu na to, czy jest wykonane z mas, czy z przewodów) jest obliczane na podstawie maksymalnego prądu, który jest równy sumie prądów każdego zamontowanego aparatu (zgodnie z tabelą na str. 68).
Wartość prądu zwarciowego (patrz str. 71) jest ograniczana do odpowiedniej wartości zasilania największego, zamontowanego aparatu.

Zależność pomiędzy wspornikami montażowymi a przewodami ochronnymi

Wsporniki montażowe TH35 (zwane popularnie szynami DIN), pod warunkiem że są poprawnie podłączone przez odpowiednie złączki Viking, mogą być użyte jako przewód ochronny. Złączki Viking zapewniają wysokiej jakości połączenie ze wspornikiem i rezystancję połączenia rzędu 1 mΩ. Elementy złączek zostały tak zaprojektowane, aby wykazywały dużą odporność na siły mechaniczne i nie ulegały wewnętrznym naprężeniom. Są również zabezpieczone przed korozją. Przewodnictwo stosowanych wsporników jest zgodne z przepisami określonymi przez normy IEC 60364-5-54 i EN 60947-7-2.

Spełnienie tych wymagań jest potwierdzone przez raport LCIE 285380. Złączki Viking do przewodów ochronnych były specjalnie do tego celu projektowane i testowane. Spełniają wymogi norm EN 60947-7-2, UL 1059, UL 467, CSA 22-2.
Należy pamiętać, że używanie stalowych profili jako przewodu PEN jest zabronione przez normę IEC 60364-54). Innymi słowy, stały przepływ prądu między przewodem (przewodami) a stalowym wspornikiem nie jest dozwolony, dlatego też nie podaje się w tym zakresie żadnych parametrów znamionowych. Mimo to takie zastosowanie jest możliwe w przypadku wsporników miedzianych lub aluminiowych (IEC 60947-7-2).

Rodzaj wspornika (lub profilu) wg normy EN 60715		Odpowiedni przekrój przewodu miedzianego (przewód PE)
Wspornik TH 35 x 5,5	⊔	10 mm²
Wspornik TH 35 x 7,5	⊔	16 mm²
Wspornik TH 35 x 15 Legrand Grubość nie znormalizowana 1,5 mm	⊔	35 mm²
Wspornik TH 35 x 15 Grubość znormalizowana 2 mm	⊔	50 mm²
Profil asymetryczny G 32	⊏	35 mm²

Zagrożenia elektryczne (ciąg dalszy)

Ogólne zastosowanie mas jako przewodu ochronnego

Można zastosować tę metodę, gdy dysponuje się konstrukcją przewodzącą o rozmiarach wystarczających, aby można było wykonać połączenia między masami oraz połączenia wyrównawcze. Należy dobrać odpowiednie elementy łączeniowe i sposoby połączeń również dla aparatów, które będą instalowane w dalszej kolejności (np. w przypadku zestawów szaf).
Przekrój S musi umożliwić przepływ ewentualnego prądu zwarciowego obliczonego na podstawie maksymalnego prądu ograniczonego przez urządzenie zabezpieczające i czas wyłączenia tego urządzenia zabezpieczającego.

$$S = \frac{\sqrt{I^2 t}}{K}$$

gdzie:
S: przekrój przewodu ochronnego w mm^2,
I: wartość skuteczna prądu zwarciowego w A,
t: czas zadziałania wyłącznika w s,
K: współczynnik zależny od absorpcji temperatury metalu wchodzącego w skład konstrukcji i izolacji (można przyjąć wartość K = 50, która odpowiada wzrostowi temperatury stali o 80°C).
Jeśli nie ma informacji na temat ewentualnej pętli zwarciowej, a nawet o urządzeniu zabezpieczającym (w przypadku „pustych" rozdzielnic i szaf), wtedy przekrój przewodzącego materiału musi być co najmniej równy przekrojowi miedzianego przewodu ochronnego dobranego do zainstalowanej mocy (patrz tabela na str. 67).
W praktyce można sprawdzić przekrój przewodu miedzianego w stosunku do użytych materiałów przy użyciu wzoru:

S materiału = n x S miedzi

(wzór ten można stosować tylko wtedy, gdy warunki termiczne instalacji są takie same).
Wartości n wynoszą odpowiednio n = 1,5 dla aluminium, n = 2,8 dla żelaza, n = 5,4 dla ołowiu, n = 2 dla mosiądzu (Cu Zn 36/40).

IEC 60364-5-54

Użycie metalowych elementów, takich jak:
- korytka kablowe i im podobne,
- rury kanalizacji (wody, gazu, ogrzewania),
- elementy konstrukcji budynku,
- linki nośne przewodów, jako przewodu ochronnego lub wyrównawczego nie jest dozwolone. Muszą być one natomiast podłączone do sieci ekwipotencjalnej.

Sprawdzanie ciągłości mas

Rezystancję obwodu ochronnego sprawdza się między głównym zaciskiem podłączenia przewodu ochronnego i wybranym miejscem masy urządzenia lub wyposażenia obudowy. Pomiar wykonuje się metodą woltamperometryczną lub przy użyciu mikroomomierza, przepuszczając prąd przemienny o częstotliwości 50 Hz w czasie co najmniej 10 s.
Rezystancja powinna być mierzona (lub obliczana) dla prądu o wartości 25 A. Nie może ona przekraczać wartości 0,05 Ω.
Uwaga: Ta wartość nie uwzględnia ewentualnej ekwipotencjalności związanej z kompatybilnością elektromagnetyczną, która wymaga dużo mniejszej impedancji (patrz str. 156).

Sprawdzanie odporności na przetężenia

Przewody ochronne i masy użyte do tego celu

Przewody ochronne mogą być poddane działaniu prądu zwarciowego, którego wartość określa się w następujący sposób:
- na podstawie energii I^2t ograniczonej przez aparat zabezpieczający, co jest równe wartości I_{cw} w czasie jednej sekundy czyli $\sqrt{I^2t}$,
- stosując wartość równą wartości maksymalnej energii wytrzymywanej przez przewód ochronny, gdy aparat zabezpieczający nie jest znany. Do obliczeń należy brać prąd znamionowy krótkotrwały wytrzymywany I_{cw} w czasie jednej sekundy $\sqrt{K^2S^2}$ (patrz tabela na str. 287).

Masy przypadkowo podłączone pod napięcie w wyniku oderwania się przewodu

Mimo że prawdopodobieństwo pojawienia się takiej sytuacji jest bardzo małe, trzeba je brać pod uwagę w przypadku aparatów zasilanych z sieci o układzie TN lub IT, które nie posiadają dodatkowego zabezpieczenia różnicowoprądowego. W takiej sytuacji, kiedy ma miejsce zwarcie między fazą (fazami) a metalowym elementem podłączonym do przewodu ochronnego, może nastąpić przepływ prądu zwarciowego ograniczonego tylko przez aparaty zabezpieczające przed przetężeniami. W układzie sieci IT ryzyko to pojawia się dopiero przy podwójnym uszkodzeniu, a prąd uszkodzeniowy jest słabszy niż w układzie sieci TN. W takich sytuacjach sprawdza się, czy masy, połączenia wyrównawcze i podłączenia do przewodu ochronnego „wytrzymają" prąd zwarciowy ograniczony przez aparat zabezpieczający dla prądu trójfazowego równego 60% spodziewanego I_{cc}. Wartość ograniczonej energii I^2t określa prąd znamionowy krótkotrwały wytrzymywany $\sqrt{I^2t}$ w czasie jednej sekundy. Wartości można dobrać z tabeli poniżej w zależności od prądu zwarciowego faza/PE I_{cw}.

Wartość prądu znamionowego krótkotrwałego wytrzymywanego w zależności od prądu zwarciowego

Prąd zwarciowy faza/PE (kA)	Prąd krótkotrwały wytrzymywany I_{cw}	Aparat główny
3	200	S 300 $I_n \leq 63$ A
6	250	S 310 $63 < I_n \leq 125$ A
10	700	DPX $I_n \leq 125$ A
15	1000	DPX $125 < I_n \leq 400$ A
20	2000	DPX $I_n > 400$ A
35	3800	DPX $I_n \leq 1000$ A

Zagrożenia elektryczne (ciąg dalszy)

2 ZESTAWY II KLASY OCHRONNOŚCI

Tylko obudowy wykonane z materiału izolacyjnego mogą spełniać wymaganie, które opisuje się jako: „ochrona przez całkowitą izolację"i określa się, że są one wykonane zgodnie z klasą II A ochronności. Obudowy metalowe mogą również zapewniać poziom bezpieczeństwa równy klasie II ochronności. Określa się je wtedy oznaczeniem klasa II B.
Natomiast nie każda obudowa izolacyjna posiada II klasę ochronności. Może być równie dobrze wykonana w I klasie ochronności, jeśli wszystkie metalowe elementy lub wszystkie aparaty są podłączone do przewodu ochronnego.

Wymagania normy IEC 60364

Klasa II A, obudowa izolacyjna: nie ma żadnych specjalnych zaleceń

Klasa II B, obudowa metalowa: elementy, które nie mają II klasy ochronności, muszą zostać dodatkowo odizolowane

Klasa I z elementem klasy II: część począwszy od wyłącznika DR ma być wykonana w II klasie ochronności i/lub posiadać dodatkową izolację

DB: wyłącznik bez funkcji różnicowoprądowej
DR: wyłącznik z funkcją różnicowoprądową
DP: aparat z zabezpieczeniem przeciwprzetężeniowym (bezpieczniki, wyłączniki nadprądowe)

Obudowy o klasie ochronności II A

Ciągłość ochrony izolacyjnej

Obudowa musi być zaprojektowana w taki sposób, aby żaden prąd uszkodzeniowy nie przedostał się na zewnątrz. Obudowa musi posiadać stopień ochrony co najmniej równy IP2XC zgodnie z normą EN 60439-3. Ciągłość ochrony dotyczy także boków, które nie są bezpośrednio dostępne (również elementów obudowy znajdujących się pod tynkiem w przypadku obudów wnękowych). Może istnieć ryzyko kontaktu, nawet przypadkowego (np. przez oderwany przewód), z zewnętrznym elementem przewodzącym, takim jak konstrukcja metalowa. W takim przypadku stopień ochrony sprawdza się od wewnątrz do zewnątrz obudowy.
Ten stopień ochrony można ograniczyć do IP2X (ryzyko dotknięcia przez zwierzę), jeśli zastosowano wszystkie metody, które ograniczają ewentualne przesunięcia przewodów (patrz str. 74). Jeśli w obudowie znajdują się elementy przewodzące różnej wielkości (np. wyprowadzenia sterowań aparatów, zapadki, zawiasy, nity, elementy mocujące obudowy do ściany), to muszą być one izolowane wewnątrz obudowy, aby nie znalazły się pod napięciem na skutek przebicia izolacji. Wkrętów izolacyjnych nie można zastępować metalowymi, jeśli wpłynie to na jakość izolacji.

Wewnętrzne konstrukcje wsporcze i metalowe elementy

Te elementy nie mogą być podłączone do przewodu ochronnego i nie mogą mieć żadnego elektrycznego styku z elementami wsporczymi w obudowie. Na zewnątrz oraz wewnątrz obudowy należy umieścić w widocznym miejscu znak ⊗. Jeśli z powodów funkcjonalnych wykonanie uziemienia jest konieczne (kompatybilność elektromagnetyczna), to nie oznacza się go kolorem żółto-zielonym (zazwyczaj używa się koloru czarnego), a zacisk lub zaciski oznacza się literami TE lub za pomocą symbolu ⏚ (patrz str. 260). Należy również dostarczyć odpowiednią dokumentację (instrukcję, dokumentację techniczną).
W przypadku zestawów rozdzielnic, gdzie występuje ryzyko przypadkowego podłączenia do przewodu ochronnego (np. na konstrukcji wsporczej, na szynie, itp.) lub przypadkowego podłączenia tego przewodu w przyszłości (np. podczas przeglądu instalacji lub w trakcie jej rozbudowy), na obudowie należy umieścić ostrzeżenie: „Uwaga: podwójna izolacja – masy nie są podłączone do przewodu ochronnego”.
Konstrukcje wsporcze i metalowe elementy wewnątrz obudowy powinno się uznawać za potencjalnie niebezpieczne (również dla wykwalifikowanych elektryków) gdy istnieje ryzyko uszkodzenia podstawowej izolacji aparatów, które są w nich umieszczone, lub może oderwać się przewód ochronny. W praktyce takie ryzyko można ograniczyć, stosując tylko aparaty o II klasie ochronności (podobnie jak listwy zaciskowe i bloki rozdzielcze) lub używając równoważnej izolacji w stosunku do konstrukcji wsporczych i metalowych elementów (które mają połączenie z masą) lub też prowadząc odpowiednio przewody (patrz akapit „Dodatkowa izolacja instalacji” na stronie następnej).

Marina II > szafki i szafy o IP66 wykonane w II klasie ochronności, wyposażone w płyty montażowe.

Zagrożenia elektryczne (ciąg dalszy)

Obudowy o klasie ochronności II B

Klasę ochronności II B można uzyskać przez odpowiednie rozwiązania konstrukcyjne lub przez dodatkową izolację instalacji.

Rozwiązania konstrukcyjne

Wewnętrzną stronę obudowy należy pokryć w całości powłoką izolacyjną. Wszystkie metalowe elementy na których może wystąpić ryzyko przypadkowego kontaktu, muszą być obłożone przegrodami izolacyjnymi. Dla wszystkich aparatów, podłączeń i sprzętu muszą zostać zachowane odległości izolacyjne.
Nie można dopuścić do wystąpienia upływu między obudową i niebezpiecznymi elementami w rozdzielnicy (elementami czynnymi, przewodami i zaciskami PE, częściami metalowymi oddzielonymi tylko izolacją funkcyjną). Dotyczy to każdej sytuacji, również sytuacji przypadkowych, takich jak wyrwanie przewodu, poluzowanie zacisków, przemieszczenie pod wpływem zwarcia.

Dodatkowa izolacja instalacji

Ta metoda może być stosowana w przypadku rozdzielnic i szaf metalowych umieszczonych na początku instalacji (rozdzielnica nN) w części między początkiem a zaciskami wyjść wyłączników różnicowoprądowych, które zabezpieczają odpływy. Norma przewiduje zachowanie II klasy ochronności przez wykonanie dodatkowej izolacji aparatów i zastosowanie przegród izolacyjnych oraz wsporników izolacyjnych pod szyny. To zalecenie normy jest trudne do wykonania w praktyce. Dlatego najlepszym rozwiązaniem jest dobieranie aparatów, które są już wykonane w II klasie ochronności, wówczas zostają do odizolowania tylko kable i przewody. Jeśli kable i przewody nie są wykonane w II klasie ochronności, należy je prowadzić w osłonach izolacyjnych lub w kanałach grzebieniowych. Systemy prowadzenia kabli zwykle wystarczająco porządkują, pod warunkiem, że kable są zamocowane w taki sposób, iż nie jest możliwy żaden przypadkowy ich kontakt z obudową. Gdy wykonuje się mocowanie kabli w obudowie blisko podłączeń, należy te miejsca zabezpieczyć, nakładając odpowiednie osłony zacisków. W miejscach, które nie ulegają przemieszczeniom, można wykonać kilka podłączeń jednocześnie.

Przewody ochronne (PE)

Jeśli w obudowie znajdują się przewody ochronne wraz z zaciskami, muszą być one całkowicie odizolowane od części czynnych, od metalowych elementów i od całej konstrukcji wsporczej. Nawet jeśli wszystkie urządzenia w obudowie mają zaciski na przewody PE, nie należy ich podłączać. Tej zasady nie stosuje się w przypadku połączeń wyrównawczych, które łączą masy aparatów między sobą z przyczyn funkcjonalnych, pod warunkiem, że przewody wyrównawcze nie są podłączone do przewodu ochronnego.
Jeśli trzeba zainstalować zacisk masy zewnętrznej, należy go oznaczyć za pomocą symboli ⏚ i ⊗.
Przewody ochronne i ich zaciski muszą być zabezpieczone, tak jak elementy czynne i w związku z tym muszą mieć stopień ochrony IPXXB (lub IPXXA z osłoną zacisku, jeśli > 16 mm^2), gdy drzwi obudowy są otwarte. Konieczne jest zastosowanie osłon, aby zmniejszyć ryzyko wzajemnego stykania się przewodów, które mają tylko podstawową izolację i istnieje ryzyko przypadkowego styku, jeśli któryś z przewodów się oderwie.

Sprawdzanie właściwości dielektrycznych

Parametry izolacji obudów nie powinny ulegać pogorszeniu w trakcie eksploatacji rozdzielnicy i nie powinny być podatne na działanie takich czynników, jak: uderzenie lub wstrząs mechaniczny, deszcz, ściekanie wody, zanieczyszczenie lub korozja.
Podczas prób izolacji używa się następujących napięć:
■ 1 próba – napięcie próbne o częstotliwości przemysłowej (próg detekcji 10 mA):
- jedna minuta przy 3750 V dla obudów o napięciu izolacji ≤690 V,
- jedna minuta przy 5250 V dla obudów o napięciu izolacji ≤1000 V.
■ 2 próba – napięcie próbne udarowe (udar 1,2/50 µs) 3 razy na każdy biegun:
- 6 kV dla obudów o napięciu izolacji ≤690 V,
- 8 kV dla obudów o napięciu izolacji ≤1000 V.

Napięcie podaje się w następujący sposób:
■ 1 próba – między metalową płytkę stabilizującą zewnętrzną powierzchnię i wszystkimi elementami znajdującymi się wewnątrz obudowy (częściami czynnymi, konstrukcją wsporczą, elementami metalowymi, wkrętami, wkładkami, zamkami i przewodem ochronnym). Napięcie podaje się na całej zewnętrznej powierzchni, również na tylnej ścianie obudowy. Metalową płytkę można ewentualnie przemieścić lub przymocować przy użyciu wkrętów do obudowy.
■ 2 próba – między wszystkimi elementami wewnątrz obudowy, które są połączone miedzy sobą (części czynne, konstrukcja wsporcza, elementy metalowe, wkładki, zamki) a przewodami ochronnymi i ich zaciskami.
Uwaga: Gdy elementy wewnątrz obudowy lub ich umieszczenie nie są dobrze opisane (puste szafy i obudowy, kanały grzebieniowe), powinno się to realizować przez nałożenie metalowej folii, przez wypełnienie przewodzącymi kulkami, przez nałożenie przewodzącej powłoki lub przez zastosowanie innego sprawdzonego środka.
Test nie powinien wykazać przeskoku na izolatorze, przebicia izolacji ani perforacji materiału.

Zagrożenia elektryczne (ciąg dalszy)

RYZYKO POPARZENIA

1 KONTAKT Z GORĄCĄ POWIERZCHNIĄ OBUDOWY

Temperatury, jakie mogą osiągnąć obudowy urządzeń elektrycznych, nie mogą powodować oparzeń u osób, które są narażone na kontakt z nimi. Jeśli istnieje ryzyko, że obudowa może osiągnąć niebezpieczną temperaturę nawet na krótki okres, to wówczas musi być zabezpieczona.

Oszacowanie efektywnego ryzyka oparzeń wykonuje się, biorąc pod uwagę:
- temperaturę powierzchniową,
- materiał, z którego jest wykonana obudowa,
- czas kontaktu ze skórą.
Czasami konieczne są dodatkowe dane, takie jak kształt obudowy (rowkowania), rodzaj pokrycia lub nacisk przy dotyku. Norma EN 563 „podaje graniczne wartości temperatur powierzchni narażonych na dotyk".

Dopuszczalne wartości maksymalnych temperatur powierzchni zgodnie z normą IEC 60364

Dostępne części rozdzielnicy	Materiał, z którego są wykonane dostępne części	Maksymalna temperatura
Elementy do sterowania ręcznego	Metalowe	55°C
	Niemetalowe	65°C
Elementy, które mogą być dotykane, ale nie trzyma się ich w ręce	Metalowe	70°C
	Niemetalowe	80°C
Elementy, które przy normalnym działaniu nie są dotykane	Metalowe	80°C
	Niemetalowe	90°C

2 ŁUK ELEKTRYCZNY

Poza takimi konsekwencjami jak zniszczenie materiału łuk elektryczny niesie za sobą zagrożenie termiczne i może spowodować bezpośrednie oparzenia odpryskami stopionego tworzywa oraz zagrożenie świetlne (intensywny błysk).
Łuk elektryczny może powstać podczas wyłączenia obwodu lub zwarcia. W drugim przypadku jego energia może być wysoka, ponieważ jest ograniczona tylko przez moc źródła.

Nie istnieją specjalne zabezpieczenia przed łukiem elektrycznym, który jest zjawiskiem trudnym do przewidzenia. Ekrany lub przegrody mogą ograniczyć konsekwencje działania łuku elektrycznego, ale najlepszym środkiem zapobiegawczym jest przestrzeganie „zasad sztuki instalatorskiej" i respektowanie przepisów przy wykonywaniu instalacji.
W niezabezpieczonych elementach instalacji (powyżej aparatów zabezpieczających) powinno się stosować szczególne środki ostrożności, aby zmniejszyć ryzyko powstania zwarcia.

NARAŻENIE NA DZIAŁANIE POLA ELEKTROMAGNETYCZNEGO

Występujące w przemyśle pola elektromagnetyczne miały do niedawna niskie częstotliwości (50 Hz), gdyż były związane ze stosowaniem energii elektrycznej jako siły napędowej lub termicznej. Ograniczenie narażenia na działanie tych pól ma na celu zapobieganie szkodliwemu ich oddziaływaniu na organizm ludzki, szczególnie narażony na te skutki jest układ krążenia i centralny układ nerwowy. Narażenie na działanie pola magnetycznego, związane jest z niekorzystnym wpływem na organizm składowych elektrycznych E i magnetycznych H.

Przepisy normalizacyjne (zarówno krajowe, jak i międzynarodowe) dotyczące narażenia na działanie pół elektromagnetycznych nie są jeszcze zharmonizowane. Zostało natomiast wykonanych wiele badań, które dały wyniki sprzeczne lub nawet kontrowersyjne. Na ten temat dostępne są liczne dokumenty (artykuły, rozprawy, mniej lub bardziej oficjalne raporty). Prace Międzynarodowej Komisji Ochrony przed Promieniowaniem Jonizacyjnym były podstawą do stworzenia Zalecenia Rady Unii Europejskiej z dnia 12 lipca 1999 r., które dotyczyło ograniczenia narażenia ludzi na działanie pól elektromagnetycznych. W zakresie Prawa Pracy Dyrektywa Europejska 2004/40/CE z dnia 29 kwietnia 2004 r. ustaliła graniczne wartości pól elektromagnetycznych, na które mogą być narażeni pracownicy. Przepis ten musi zostać wprowadzony do kwietnia 2008 r.

Pola magnetyczne
o niskiej częstotliwości

Pola elektryczne
o niskiej częstotliwości

1 POLA MAGNETYCZNE O CZĘSTOTLIWOŚCI <10 MHz

Pola magnetyczne są generowane przez prądy elektryczne i są proporcjonalne do natężenia tych prądów. Wytwarzają one w ciele ludzkim prądy prostopadłe do pola magnetycznego. Wartości pola magnetycznego wahają się od kilku pT (pikotesli) do kilku mT (militesli). Wartość narażenia na działanie pola magnetycznego zmniejsza się bardzo szybko wraz z sześcianem odległości. Największe narażenie na działanie pól magnetycznych powodują urządzenia gospodarstwa domowego (suszarki do włosów, golarki, koce elektryczne).

Zagrożenia elektryczne (ciąg dalszy)

2 POLE ELEKTRYCZNE O CZĘSTOTLIWOŚCI <1 MHz

Wartość pola elektrycznego ulega zmianie na powierzchni ludzkiego ciała w zależności od stopnia przewodności ciała. Natężenie tego pola jest maksymalne na poziomie głowy. Pole elektryczne indukuje prądy wzdłuż osi ciała. Największe wartości pól elektrycznych występują blisko linii energetycznych transformatorów wysokiego napięcia, spawarek, pieców indukcyjnych i dochodzą do kilku kV/m. Pole elektryczne zmniejsza się wraz z kwadratem odległości.

Osoby, które mają wszczepione implanty medyczne (zarówno aktywne, jak i pasywne), powinny zgłosić to przy badaniach kwalifikacyjnych do pracy, aby można było sprawdzić, czy warunki w których będą pracować nie zagrożą ich zdrowiu lub życiu.

Technologie informatyczne (transmisja głosu, danych, obrazów), telefonia komórkowa, TV wprowadziły stosowanie urządzeń wysokiej częstotliwości do wszystkich dziedzin życia codziennego: prywatnej, publicznej i zawodowej.

3 POLE ELEKTROMAGNETYCZNE O CZĘSTOTLIWOŚCI >1 MHz

Przy tych częstotliwościach istotna jest odległość od źródła pola elektromagnetycznego (pole bliskie lub dalekie). W polu dalekim wektory pól magnetycznego i elektrycznego leżą w jednej płaszczyźnie prostopadle do kierunku propagacji. Mówi się wtedy o fali płaskiej. Sytuacje takie występują przy nadajnikach (stacjach przekaźnikowych). W zależności od odległości pola E i H powinny być analizowane osobno. Ze zjawiskiem tym mamy do czynienia w nadajnikach bardzo bliskich, np. telefonie komórkowym przy uchu. W tych zakresach częstotliwości, ograniczenie odległości od źródła ma za zadanie zapobiec wystąpieniu miejscowego lub ogólnego stresu termicznego ciała, który powoduje nagrzanie tkanek. Mówi się wtedy o efekcie DAS (Absorpcja Specyficzna), który określa ilość energii w danym czasie (lub moc) pochłoniętą przez jednostkę masy tkanek. Wyraża się to w W/kg. Dopuszczalna wartość na poziomie rąk i nóg (20 W/kg) jest większa niż na poziomie korpusu i głowy (10 W/kg).

Rozprzestrzenianie promieniowania elektromagnetycznego

Źródło o wysokiej impedancji
=> podwyższone napięcie
=> pole elektryczne

Źródło niskiej impedancji
=> prąd podwyższony
=> pole magnetyczne

$$Z = \frac{E}{H} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}} = 377\ \Omega$$

$\mu_0 = 4\ \pi\ 10^{-7}$ H/m: przenikalność magnetyczna powietrza

$\varepsilon_0 = \frac{1}{36\ \pi\ 10^9}$: przenikalność elektryczna

Skutki biologiczne i zdrowotne

Skutek biologiczny to odpowiedź organizmu na narażenie polem elektromagnetycznym. Nie zawsze jest ono niebezpieczne dla zdrowia, np. pocenie się może być odpowiedzią organizmu na strach. Efekty biologiczne wpływu pól elektromagnetycznych są związane z indukcją prądów w ciele oraz z pojawieniem się skutków termicznych. Na dzień dzisiejszy nie dowiedziono, czy wystawienie ludzkiego organizmu na przedłużone działanie niejonizujących pól elektromagnetycznych może spowodować uszczerbek na zdrowiu. Stosowane od niedawna (w gospodarstwach domowych) urządzenia emitujące złożone fale (pulsujące, wieloczęstotliwościowe), stanowiące przejściowe lub stałe narażenia na działanie bardzo słabych pól elektromagnetycznych były tematem badań i źródłem wielu kontrowersji. Niemniej jednak przy obecnym, zbyt małym stanie wiedzy na ten tak złożony i obszerny temat, nie należy ignorować nawet najmniejszych skutków biologicznych i zdrowotnych. Nasze zachowanie nie powinno być pozbawione zdrowego rozsądku i ostrożności.

Promieniowanie jonizujące i promieniowanie niejonizujące

Pomiędzy całym wachlarzem rodzajów promieniowania, które wchodzą w skład spektrum elektromagnetycznego, tylko te, które mają najwyższą częstotliwość (promieniowanie kosmiczne, które nie dosięga ziemi; emitowane przez radioaktywne promienie gamma źródła; promienie X) mają takie właściwości, że mogą zerwać połączenia chemiczne. Nazywa się je promieniami „jonizującymi". Pola elektromagnetyczne wytwarzane przez człowieka (oddziaływanie przemysłu, emisje radiowe i komunikacyjne, a nawet hiperczęstotliwość systemów radarowych) pozostają w gamie częstotliwości relatywnie niskich w stosunku do całej reszty spektrum elektromagnetycznego. Kwanty energii tych pól nie są w stanie zerwać połączeń chemicznych. Takie rodzaje promieniowania nazywa się „niejonizującym".

Spektrum elektromagnetyczne

Zagrożenia elektryczne (ciąg dalszy)

PRZETĘŻENIA

Wszystkie przewody czynne w instalacji (fazowe i neutralne) powinny być zabezpieczone przed przeciążeniami i zwarciami.

1 PRZECIĄŻENIA

Jest to przetężenie, które występuje wtedy, gdy jest brak uszkodzenia elektrycznego w obwodzie. Pojawienie się tego zjawiska jest często związane z niepoprawnym zaprojektowaniem instalacji. Urządzenia zabezpieczające powinny zadziałać zanim dojdzie do trwałego przegrzania przewodów i zniszczenia izolacji, podłączeń oraz innych elementów instalacji. Zabezpieczenie przed przeciążeniem zapewniają wkładki bezpiecznikowe, wyłączniki nadprądowe, styczniki z przekaźnikami nadprądowymi. Zasady doboru zabezpieczenia przed przeciążeniem są opisane na stronie 266 i następnych.

2 ZWARCIA

Jest to przetężenie spowodowane najczęściej na skutek uszkodzenia izolacji między przewodami o różnych potencjałach. Zwarcie na ogół ma charakter przypadkowy i może pojawić się z powodu niezręczności (np. gdy upadnie narzędzie lub gdy nastąpi przecięcie kabla) lub z powodu uszkodzenia urządzenia. Urządzenia zabezpieczające mają za zadanie ograniczenia zwarć i odcięcie prądów zwarciowych zanim dojdzie do powstania niebezpiecznych skutków termicznych (np. przegrzania przewodów lub wystąpienia łuku elektrycznego) i mechanicznych (siły elektrodynamiczne). Zabezpieczenie przed zwarciem zapewniają wkładki bezpiecznikowe (typ gG lub aM) i wyłączniki nadprądowe. Zdolności zwarciowe tych wyłączników i czas otwarcia obwodu powinny być odpowiednio dobrane do obwodu. Zasady doboru zabezpieczenia przed zwarciem są opisane na stronie 284 i następnych.

>Termografia na podczerwień pozwala na wykrycie przeciążeń. Na zdjęciu pokazano przeciążenie w cewce transformatora.

Urządzenia zabezpieczające obwody instalacji nie są przeznaczone do zabezpieczania obwodów wewnętrznych odbiorników ani do zabezpieczania przewodów giętkich (przewodów do zasilania przenośnych odbiorników). Czasem konieczne jest zaprojektowanie niezależnych zabezpieczeń tych odbiorników, jeśli istnieje duże ryzyko wystąpienia przetężeń (np. przeciążenia silników).

Jest zasadą, że wszystkie linie powinny być zabezpieczone przez zwarciami. Dopuszcza się szeregowe łączenie aparatów, aby zwiększyć ich zdolność zwarciową (patrz str. 372). Istnieją też przypadki, gdzie nie trzeba stosować zabezpieczeń przed prądami zwarciowymi (patrz str. 466). Przy zabezpieczaniu równolegle prowadzonych przewodów w jednym obwodzie należy zastosować środki ostrożności związane z doborem wartości prądu znamionowego zabezpieczenia.

Prądy uszkodzeniowe

Prądy uszkodzeniowe, które powstają w urządzeniach lub w obrębie instalacji między elementami czynnymi i masami, powstają zwykle w wyniku uszkodzenia lub starzenia się izolacji. Przepływ takiego prądu może, (w zależności od jego wartości) spowodować powstanie iskry lub nawet doprowadzić do zapalenia się instalacji. Dobór układu sieci określa maksymalną wartość prądów zwarciowych.
W przypadku ryzyka powstania pożaru:
- nie jest dozwolone stosowanie układu sieci TN-C, gdyż prądy mogą osiągnąć kilka kA i mogą przepłynąć nawet przez strukturę budynku,
- nie zaleca się układu sieci TN-S, chyba że zastosuje się wyłączniki różnicowoprądowe o czułości $I_{\Delta n} \leq 300$ mA,
- można zastosować układ sieci TT (ograniczony przez wyłącznik różnicowoprądowy),
- zaleca się stosowanie układu sieci IT ze względu na bezpieczeństwo instalacji wewnętrznej, gdyż wtedy można ograniczyć prąd zwarciowy do bardzo małej wartości (kilku mA) i uniknąć ryzyka powstania łuku elektrycznego. Natomiast prąd podwójnego uszkodzenia powinien być wyłączony przez wyłącznik różnicowoprądowy o czułości $I_{\Delta n} \leq 300$ mA.

Aby uniknąć tego ryzyka, zaleca się wykonywanie przeglądów polegających na monitorowaniu wartości izolacji całej instalacji przez urządzenia pomiarowo-kontrolne (IT). Zanieczyszczenia, wilgoć, starzenie się wpływają negatywnie na stan izolacji. Jeśli zwiększy się w znaczący sposób wartość napięcia badania, można zaobserwować spadek wartości rezystancji izolacji. Zastosowanie napięć rosnących , np. 500 V, 1000 V, 1500 V, 2500 V, 5000 V spowoduje spadek wartości rezystancji izolacji o ponad 25% przy każdym następnym wyższym napięciu. Uwaga: Wartość napięcia podczas badania izolacji powinna być niższa od wytrzymałości dielektrycznej instalacji (min. 2U + 1000).

RYZYKO WYSTĘPOWANIA PRZEPIĘĆ

Przepięcia mogą być różnego pochodzenia, które należy umieć rozróżnić, aby zastosować odpowiednie środki zabezpieczające.

1 PRZEPIĘCIA SPOWODOWANE USZKODENIEM IZOLACJI MIĘDZY INSTALACJAMI nN A SN

Przy odpowiednio niskiej rezystancji uziemienia roboczego uszkodzenie izolacji pomiędzy SN a nN nie spowoduje przepięć w instalacji nN. Sposób połączeń między napięciami wysokim i niskim jest określany przez odpowiednie schematy R, N lub S (patrz str. 24).

Jeśli ryzyko bezpośredniego uszkodzenia między instalacjami SN i nN jest znaczące i jeśli układ sieci jest uziemiony (litery N i S: TTN, TTS, ITN, ITS), sprawdza się, czy wartość uziemienia przewodu neutralnego R_{t1} (instalacji) jest wystarczająco niska, aby ograniczyć wzrost potencjału instalacji nN.

$$R_{t1} \leq \frac{Ut_a - U}{I_m}$$

R_{t1}: rezystancja uziemienia przewodu neutralnego,
U_{ta}: napięcie wytrzymałości dielektrycznej przy 50 Hz (2 U + 1000),
U: napięcie znamionowe instalacji (napięcie fazowe ph/N w systemie sieci TT, napięcie międzyfazowe ph/ph w systemie sieci IT),
I_m: maksymalny prąd uszkodzeniowy między fazą a uziemieniem instalacji SN.

Zagrożenia elektryczne (ciąg dalszy)

2 PRZEPIĘCIA ŁĄCZENIOWE

Praktycznie wszystkie przełączenia w sieci przemysłowej, a zwłaszcza te o dużej mocy, powodują przepięcia. Są one spowodowane przez nagłe wyłączenia prądu. Linie i transformatory zachowują się wówczas jak cewki indukcyjne. Energia w stanie nieustalonym zależy od parametrów przełączanego obwodu. Czas jej wzrostu jest rzędu kilkudziesięciu mikrosekund, a jej wartość wynosi kilka kV.

3 PRZEPIĘCIA POCHODZENIA ATMOSFERYCZNEGO

Dzielą się na trzy rodzaje:
- przepięcia przenoszone na linie zasilające,
- przepięcia spowodowane wzrostem potencjału ziemi,
- przepięcia wzbudzane w instalacji przez pole magnetyczne spowodowane wyładowaniem pioruna (Patrz „Uderzenie pioruna” str. 126).

Instalacje odgromowe przeznaczone do ochrony przed przepięciami pochodzenia atmosferycznego (piorun) gwarantują zwykle zabezpieczenie przed skutkami przepięć łączeniowych.

Typowe charakterystyki przepięć łączeniowych

Stany nieustalone, które mogą być źródłem powstawania przepięć i przetężeń, mogą być powodowane załączeniami lub wyłączeniami obciążeń. Dotyczy to zwłaszcza transformatorów, silników, kondensatorów.

Włączenie transformatora może spowodować pojawienie się prądu rozruchu od 10 do 25 I_n o nieokresowym zanikającym przebiegu. Powoduje on powstanie przepięć w uzwojeniu wtórnym przez sprzężenie pojemnościowe i efekty oscylacyjne spowodowane pojemnościami i indukcyjnością między zwojami.
Wyłączenie (lub odłączenie) transformatora powoduje przejściowe przepięcie spowodowane wyłączeniem prądu w obwodzie indukcyjnym. Przepięcie to może spowodować zapłon zwrotny łuku w urządzeniach wyłączających, których dobór powinien uwzględniać takie stany.

Przepięcia przy wyłączeniu transformatora

4 WYŁADOWANIA ELEKTROSTATYCZNE

Mimo że wyładowania elektrostatyczne nie są przekazywane przez sieć elektryczną, gdyż ich źródło leży na zewnątrz, zalicza się je do kategorii przepięć. Stanowią one istotną przyczynę zniszczeń urządzeń elektrycznych oraz są źródłem pożarów i wybuchów w pomieszczeniach, gdzie przetwarza się materiały proszkowe (np. mąkę), łatwopalne (np. rozpuszczalniki) lub w miejscach o dużym zapyleniu (np. silosy zbożowe).
Gdy dwa materiały izolacyjne pociera się o siebie, jeden z nich przekazuje elektrony do drugiego. Jest to efekt wyładowania elektrostatycznego. Niektóre materiały mają zdolność ładowania dodatniego (utrata elektronów), a inne – ładowania ujemnego (odbieranie elektronów). Im dalej materiały są od siebie oddalone na skali potencjałów, tym wymiana elektronów między nimi będzie większa.
Połączenia ze sobą różnych materiałów mogą być źródłem wyładowań elektrostatycznych.

Skala potencjałów dla kilku materiałów

⊕ Ładunek dodatni	powietrze dłoń szkło mika włosy ludzkie nylon wełna futro ołów aluminium papier
Wskaźnik 0	bawełna (sucha)
⊖ Ładunek ujemny	stal drewno nikiel, miedź srebro złoto, platyna akryl poliester polietylen polipropylen poliuretan polichlorek winylu krzem teflon

^ Efekty wyładowań elektrostatycznych można symulować na sprzęcie elektrycznym przy użyciu generatora DES (IEC 6100-4-2).

Efekt wyładowania elektrostatycznego zależy od wielu parametrów, takich jak rodzaj pocieranego materiału (jego stała dielektryczna), warunki pocierania i separacji (prędkość względna), ale przede wszystkim od warunków temperaturowych i wilgotności otoczenia.
W zależności od wymagań procesów lub pomieszczeń zmniejszenie ryzyka wyładowania elektrostatycznego polega na:
- **nawilżaniu powietrza (>70%),**
- **zwiększeniu przewodności materiałów izolacyjnych,**
- **wykonaniu uziemienia i wykonaniu połączeń wyrównawczych,**
- **zmniejszeniu tarcia,**
- **neutralizacji ładunków (jonizacja powietrza, eliminatory indukcyjne lub radioaktywne itp.).**

Zagrożenia elektryczne (ciąg dalszy)

Elektryzacja ciała ludzkiego

Człowiek, chodząc lub poruszając się, przenosi elektrony na powierzchnie, z którymi się styka (np. na wykładzinę lub meble). Po kilku ruchach ustala się pewna równowaga i ładunek może uzyskać wówczas wartość kilku mikrokulombów i kilkudziesięciu kilowoltów. Kontakt z elementem uziemionym spowoduje gwałtowne wyładowanie, które może zakłócić lub nawet zniszczyć większość urządzeń elektronicznych. Skutki mogą być bezpośrednie (przebicie dielektryczne) lub pośrednie (pole magnetyczne wzbudzone przez przepływ prądu wyładowczego może osiągnąć wartość kilkudziesięciu amperów).

Elektryzowanie się maszyn, cieczy i cząstek

Transportery taśmowe, taśmy tekstylne, papier na podajnikach rolkowych oraz, każdy system wykorzystujący tarcie są źródłem wyładowań elektrostatycznych. Konsekwencje tych wyładowań zaczynają się od nieprzyjemnych ukłuć, a kończą w zależności od rodzaju na zagrożeniu pożarowym lub wybuchu materiału.
Również ciecze mogą się elektryzować w rurach kanalizacyjnych, zwłaszcza gdy rury są wykonane z materiału izolacyjnego. Zjawiska, takie jak rozprężenie gazu lub pary, mogą również spowodować powstanie ładunków elektrostatycznych. Unoszący się kurz może też gromadzić ładunki, których potencjał może przekroczyć 10 kV.
Ilość ładunków elektrostatycznych wzrasta razem z koncentracją i szybkością przemieszczania. Pożar lub częściej wybuch mogą powstać z nagłego wyładowania stężonego pyłu, kurzu lub naelektryzowanego urządzenia (np. taśmy transportowej).
Ryzyko wyładowań elektrostatycznych jest częste w szpitalach z powodu nagromadzenia w jednym miejscu wielu czynników, np. łatwopalnych mieszanek, tlenu, małej wilgotności spowodowanej ogrzewaniem budynku, dużej ilości tarć materiałowych (pościele, ubrania itp.).

Elektryzowanie się ciała ludzkiego

Model elektryczny człowieka może być zastąpiony kondensatorem o pojemności kilku pikofaradów (pF) połączonym szeregowo z rezystancją o mocy kilku kW.

W momencie wyładowania elementy R, L, S obwodu określą parametry, takie jak: czas wzrostu napięcia, czas trwania napięcia, wartość szczytową napięcia itp.

Typowy przebieg wyładowania elektrostatycznego:
t_1: czas wzrostu od 1 do 5 ns,
t_2: czas spadku do połowy wartości od 50 do 100 ns,
U: potencjał elektrostatyczny 15 kV (max. od 25 do 40 kV),
I: od 5 do 20 A (max. 70 A).

WYŁĄCZENIA NAPIĘCIA

Zanik napięcia zasilania i ponowne nagłe pojawienie się napięcia może być źródłem zagrożenia. Podobnie niektóre urządzenia mogą źle znosić zbyt duże spadki napięć, co może spowodować ich uszkodzenia, takie jak blokowanie się silników, zaburzenia działania automatyki itp.
Wyłączenia napięcia mają liczne konsekwencje, które należy brać pod uwagę: ryzyko paniki, wyłączenia maszyn, niemożność kontynuowania operacji ratujących ludzkie życie. Zgodnie z wymogami eksploatacji i bezpieczeństwa odbiorników można realizować z uwzględnieniem możliwości ich wyłączenia lub bez możliwości wyłączenia.

Wyzwalacze podnapięciowe z opóźnieniem czasowym mogą stanowić zabezpieczenie dostosowane do poziomu spadku napięcia, do czasu wyłączenia lub do obu tych sytuacji, ale nie mogą uniemożliwiać ani opóźniać wyłączenia, w tym wyłączenia awaryjnego.

Wyłączniki nadprądowe produkcji Legrand

Wyłącznik S303 z wyzwalaczem podnapięciowym i ze stykiem pomocniczym.

**Wszystkie maszyny i urządzenia muszą spełniać wymagania stawiane przez Dyrektywę Europejską 89/655.
Wszystkie urządzenia muszą być wyposażone w wyłącznik awaryjny.
Operator maszyny musi mieć dostęp do wyłącznika awaryjnego, który musi być wykonany tak, aby nie było możliwe ponowne, mimowolne jego załączenie.
Wyłączenie zasilania musi spowodować odłączenie wszystkich elementów uruchamiających zasilanie, czyli autopodtrzymania, wyzwalaczy podnapięciowych, styków NO.
Funkcja wyłączenia powinna być priorytetowa w stosunku do funkcji włączenia.
Funkcja „reset" przed ponownym załączeniem jest dodatkowym zabezpieczeniem.**

Zagrożenie pożarowe

Uwzględnienie ryzyka powstania pożaru i ewentualnych jego konsekwencji jest bez wątpienia jednym z najbardziej złożonych zadań dotyczących gwarancji bezpieczeństwa.

RYZYKO POWSTANIA POŻARU

Mimo że przyczyny awarii elektrycznych są dobrze znane (przeciążenia, zwarcia, uderzenie pioruna), oraz stosowane są stosowania coraz lepsze zabezpieczenia w postaci wyłączników nadprądowych i różnicowoprądowych czy ochronników, elektryczność wciąż jest jednym z podstawowych czynników powstawania pożarów. Są też inne czynniki, o których często się zapomina, a które również biorą udział w powstawaniu pożaru. Nie należy o nich zapominać, a są one związane ze sposobem użytkowania pomieszczeń, rodzajem przetwarzanych lub składowanych w nich materiałów, jakością konstrukcji budynków oraz ich przeznaczeniem. Do tych czynników należy dodać też ryzyko, które stwarza sam człowiek przez swoje zachowanie.

Zainstalowanie odpowiedniego systemu ochrony przeciwpożarowej powinno stać się przedmiotem kompletnego projektu, który uwzględniałby z jednej strony ryzyko początkowe powstawania pożaru (awarie, nieodpowiedni nadzór, przyczyny naturalne), a z drugiej – warunki środowiskowe (rodzaj działalności, rodzaj budynku, otoczenie itp.) oraz tzw. ryzyko dodatkowe związane z człowiekiem (panika, zbyt mała przestrzeń, przeładowanie, brak odpowiedniego serwisowania).

1 POMIESZCZENIA O PODWYŻSZONYM ZAGROŻENIU POŻAROWYM

Opracowano opierające się na literaturze kryteria, które pozwalają na określenie i zabezpieczenie tego typu pomieszczeń. Przepisy francuskie dotyczące tego tematu są bardzo obszerne, niemniej jednak uważa się, że są jednymi z lepiej opracowanych dokumentów dotyczących tego tematu na świecie. W Polsce podstawowym aktem prawnym z zakresu ochrony przeciwpożarowej jest Ustawa o ochronie przeciwpożarowej z dnia 24 sierpnia 1991r. (Dz. U. z 2002 r. nr 147, poz. 1229 z późniejszymi zmianami).

Zakłady pracy

Bezpieczeństwo przeciwpożarowe w budynkach produkcyjnych (PM) określają warunki techniczne zawarte w rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002r. (Dz. U. nr 75, poz. 690 z późniejszymi zmianami). Określają one (§ 228) dopuszczalne powierzchnie stref pożarowych zależnie od obciążenia ogniowego Q (MJ/m^2).

1 BUDYNKI UŻYTECZNOŚCI PUBLICZNEJ

Wszystkie warunki i główne zasady bezpieczeństwa dotyczące ochrony przeciwpożarowej instalacji elektrycznych są podane w normie IEC 60364-4-482.
W Polsce przepisem zasadniczym jest Prawo Budowlane, które zawiera rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. nr 75 z dnia 12.04.2002 r, poz. 690).
W dziale VI Prawa Budowlanego, zatytułowanym „Bezpieczeństwo pożarowe", w rozdziale 1 określono, jakie zagadnienia są przedmiotem przepisów, czyli wymagania odnośnie konstrukcji budynków pod kątem zagrożenia pożarowego, ograniczenia rozprzestrzeniania się ognia i dymu wewnątrz budynku oraz ograniczenia rozprzestrzeniania się pożaru na zewnątrz budynku a także ewakuacji ludzi i ekip ratowniczych. Zasady ogólne określają także obowiązujące przepisy szczegółowe, definiują obiekty podlegające przepisom oraz definicje parametrów i zagrożeń. Zanim budynek użyteczności publicznej zostanie oddany do użytku, organ lub osoba za niego odpowiedzialna muszą udowodnić jego „niezawodność użytkową przedstawiając zaświadczenia komisji ds. bezpieczeństwa w tym przeciwpożarowego.

Klasyfikacja budynków użyteczności publicznej

Dla obiektów budownictwa mieszkaniowego i użyteczności publicznej przyjmuje się pojęcie kategorii zagrożenia ludzi.
W przepisie jest pięć kategorii zagrożenia ludzi:
1) ZL I – pomieszczenia przeznaczone do jednoczesnego przebywania ponad 50 osób niebędących ich stałymi użytkownikami, a nieprzystosowane do użytku ludzi o ograniczonej zdolności poruszania się,
2) ZL II – pomieszczenia przeznaczone przede wszystkim do użytku ludzi o ograniczonej zdolności poruszania się, takie jak szpitale, żłobki, przedszkola, domy dla osób starszych,
3) ZL III – pomieszczenia użyteczności publicznej, niezakwalifikowane do ZL I i ZL II,
4) ZL IV – pomieszczenia mieszkalne,
5) ZL V – lokale zamieszkania zbiorowego, niezakwalifikowane do ZL I i ZL II.
W klasyfikacji wyróżnia się pięć klas odporności pożarowej budynków: A, B, C, D i E, gdzie klasa A odporności – najwyższa, a E – najniższa.
W poszczególnych rozdziałach warunków technicznych zawartych w rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. (Dz. U. nr 75, poz. 690) podano:
Rozdział 1: zasady ogólne ochrony przeciwpożarowej
Rozdział 2: odporność pożarową budynków.
Rozdział 3: strefy pożarowe i oddzielenia przeciwpożarowe.
Rozdział 4: drogi ewakuacyjne.
Rozdział 5: wymagania przeciwpożarowe dla elementów wykończenia wnętrz i wyposażenia stałego.
Rozdział 6: wymagania przeciwpożarowe dla palenisk i instalacji.
Rozdział 7: wymagania usytuowania budynków z uwagi na bezpieczeństwo pożarowe.
Rozdział 8: wymagania przeciwpożarowe dla garaży.
Rozdział 9: wymagania przeciwpożarowe dla budynków inwentarskich.
Rozdział 10: wymagania przeciwpożarowe dla budynków tymczasowych.

W przypadku zainteresowań szczegółami należy korzystać z przepisów źródłowych (Dz.U. nr 75 z dnia 12.04.2002 r., poz. 690).

Zagrożenie pożarowe (ciąg dalszy)

Gdy zakłady pracy znajdują się na terenie budynków użyteczności publicznej (kuchnie, kotłownie, pomieszczenia techniczne itp.), przepisy Prawa Pracy obowiązują razem z Prawem Budowlanym (przepisy dotyczące budynków użyteczności publicznej).

Wysokie budynki

W wysokich budynkach występuje podwyższone ryzyko rozprzestrzeniania się ognia, wynikające z samej konstrukcji tych obiektów oraz z trudności ewakuacyjnych. Pomieszczenia te podlegają przepisom prawa budowlanego i mają swoje własne wymogi, między innymi w zakresie instalacji elektrycznych.

Pomieszczenia o podwyższonym zagrożeniu pożarem i wybuchem

Pomieszczenia o podwyższonym zagrożeniu dzielą się na pomieszczenia zagrożone pożarem (BE2, zgodnie z normą IEC 60364-4-482) i pomieszczenia zagrożone wybuchem (BE). Dla każdego z tych typów pomieszczeń stosuje się odpowiednie przepisy prawne w zakresie instalacji elektrycznych (patrz str. 107-110). A oprócz tego pomieszczenia w strefach zagrożonych wybuchem podlegają dodatkowym przepisom.
Instalacje i materiały w nich użyte nie mogą być przyczyną powstania pożaru i muszą posiadać odpowiednie certyfikaty i dopuszczenia. Dyrektywa 76/117/CEE nadała ramy tym przepisom, bazując na normie EN 50014 i następnych, które określały sposoby zabezpieczeń (osłony ognioszczelne, wykonanie iskrobezpieczne, budowa wzmocniona itd.). Dyrektywa 94/9/CE obowiązująca od 30 czerwca 2003 r., rozwinęła koncepcje tych zabezpieczeń. Dyrektywa ta dotyczy materiałów elektrycznych, wprowadza pojęcie potencjalnego zagrożenia, grupuje zastosowania urządzeń do montowania „w kopalniach i na powierzchni" i podkreśla wagę stosowania materiałów i urządzeń zgodnie z przeznaczeniem. Dało to początek znakowi CE, a wydane wcześniej certyfikaty zachowały ważność do dnia 30 czerwca 2003 r.
- Grupa I – kopalnie
Charakterystyka i oznakowanie materiałów:
Kategoria M1 (atmosfera zagrożona wybuchem) lub M2 (ryzyko powstania atmosfery zagrożonej wybuchem). Poziom zabezpieczenia jest określany sformułowaniem: „bardzo wysoki poziom", „wysoki poziom" lub „średnie zabezpieczenie".
- Grupa II – powierzchnie
Kategoria 1, 2 lub 3 przyznawane zgodnie z prawdopodobieństwem wystąpienia wybuchowej atmosfery (1: częste, 2: średnie, 3: słabe). Poszczególne poziomy zabezpieczeń są również odpowiednie dla każdej kategorii.
Dyrektywa 1992/92/CE określa kryteria doboru materiałów w zależności od miejsc, w których mają być montowane i które są uznawane za niebezpieczne w budynku. Urządzenia są klasyfikowane wg stref w zależności od częstotliwości i czasu występowania w nich strefy zagrożenia wybuchem. Istotny jest też rodzaj mieszanki powietrza: gaz, para, mgła (strefy 0, 1, 2) lub obecność palnego pyłu (strefy 20, 21 i 22).

2 KONSEKWENCJE POŻARU

Najpoważniejsze skutki pożaru to te, które dotykają ludzi. Zatrucia tlenkiem węgla i kwasem cjanowodorowym są bezpośrednimi przyczynami zgonów. Narażenie na działanie promieniowania termicznego i wdychanie gorących gazów są także powodem urazów i zgonów. Obecność dymu, który utrudnia widoczność, zwiększa poczucie zagrożenia. Panika, która powstaje, zwiększa prawdopodobieństwa upadków, stratowania, wypadnięć przez okno i narastania agresji.
Konsekwencje ekonomiczne, w tym zniszczenia i straty, to drugi wymiar pożaru. Zalicza się do nich również koszty ubezpieczeń i reasekuracji.
Należy wziąć też pod uwagę skutki środowiskowe, aby zapobiegać zanieczyszczeniom rzek, opadom sadzy i skażeniu roślin.

Trójkąt ognia

To, co potocznie nazywa się „trójkątem ognia", opisują trzy czynniki. Jeśli żaden z tych czynników nie zostanie zmniejszony lub usunięty, ogień zwiększa się aż do całkowitego spalenia obiektu. Ponieważ ogień jest trudny do opanowania, należy zmniejszyć do minimum ryzyko jego powstania i stosować w instalacjach odpowiednie materiały, o jak najmniejszych właściwościach palnych.

3 MATERIAŁY ELEKTRYCZNE I MATERIAŁY IZOLACYJNE Z TWORZYW SZTUCZNYCH

Większość materiałów mineralnych pali się słabo lub w ogóle (beton, gips, ceramika), natomiast wszystkie materiały organiczne palą się mniej lub bardziej łatwo (drzewo, słoma, papier). Tworzywa sztuczne, które składają się głównie z węgla i wodoru, są palne. Natomiast różnorodność tworzyw sztucznych i możliwości modyfikacji sprawiają, że można zmieniać ich zachowanie przy określonych zastosowaniach. Istnieją trzy główne strategie nadawania właściwości ognioodpornych.

Hamowanie ognia

Sposób ten polega na zapobieganiu powstawania reakcji chemicznych, które leżą u źródeł powstawania i rozprzestrzenia się pożaru. Pierwiastki, takie jak chlor, brom czy fosfor, są szczególnie skuteczne przy zapobieganiu powstawania pożaru. Z tego powodu wchodzą one w skład mieszanek tworzyw sztucznych jako elementy opóźniające zapłon. PCV zawiera 50% chloru, który hamuje powstanie ognia.

Dyrektywa RoHS

Dyrektywa europejska 2002/95 CE (RoHS) wymaga, aby począwszy od dnia 1 lipca 2006 r. niektóre materiały ognioodporne halogenowe i bromowe nie były stosowane w urządzeniach elektrycznych i elektronicznych. Legrand stosuje się to tych wymagań i nie używa tych niebezpiecznych substancji.

Zagrożenie pożarowe (ciąg dalszy)

Zmiana procesu rozpadu termicznego

Zabieg ten polega na dodaniu związków mineralnych do tworzyw sztucznych, co powoduje wchłanianie ciepła, zmniejszenie masy materiału palnego i uwolnienie wody (trójtlenek aluminium).

Pęcznienie tworzyw sztucznych

Polega na wywoływaniu pod wpływem ciepła piankowej struktury na powierzchni materiału.
Taka struktura działa jak osłona termiczna i ogranicza dopływ tlenu. Właściwość pęcznienia ma również PCV. Nie wszystkie metody można stosować do wszystkich materiałów, np. włókna mineralne zmieniają właściwości mechaniczne. Najczęściej używane są pochodne halogenu, nawet jeśli ich używanie budzi wiele zastrzeżeń z powodu właściwości toksycznych.

Materiały bezhalogenowe

Niektóre materiały mogą mieć właściwości ognioodporne, nawet jeśli nie zawierają halogenu (np. poliamid lub poliwęglan), ale większość zawiera halogen ze względu na odporność tej substancji na ogień. Termin „bezhalogenowy" ma zastosowanie tylko wtedy, jeśli rzeczywiście materiał nie zawiera w ogóle halogenu.
Brak halogenu – wymagany w stosunku do kabli (patrz str. 121) – jest często zalecany dla innych materiałów. Materiały używane do produkcji kabli muszą spełniać ten wymóg w niektórych przypadkach zastosowań (np. z powodu wystąpienia ryzyka korozji, w zamkniętych pomieszczeniach, przy układaniu kabli w tunelach kolejowych), natomiast w przypadku innych aparatów czy urządzeń, gdzie ilość użytego materiału izolacyjnego jest dużo mniejsza, spełnienie tego wymogu nie wydaje się zasadne.

Próby palności

■ PRÓBA PALNOŚCI DRUTEM ŻAROWYM (IEC 60695-2-11)

Ta prosta próba pozwala na sprawdzenie, czy poddanie materiału izolacyjnego użytego w aparatach elektrycznych na działanie intensywnego ciepła (np. uszkodzenie zestyku lub łuk elektryczny) nie powoduje trudnego do opanowania zapalenia (istotny jest czas i wysokość ognia) oraz czy materiał gaśnie samoistnie po odjęciu źródła ciepła. Poziom próby jest regulowany przez temperaturę drutu (550°C, 650°C, 750°C, 850°C, 960°C) i przez dopuszczalny czas samogaśnięcia (30 s po odjęciu drutu). Wartość temperatury próby przyjmuje się w zależności: od miejsca urządzenia w instalacji (na początku lub na obwodzie końcowym), od tego czy działanie aparatów jest kontrolowane czy nie, od sposobu instalowania (naścienny lub wnękowy), od przeznaczenia (obwód awaryjny, obwód oświetlenia) i od ryzyka, jakie posiada budynek ze względu na przeznaczenie (np. budynki użyteczności publicznej).

■ PRÓBA Z UŻYCIEM PALNIKA (IEC 60695-2-4)

Ta próba ma zastosowanie w przypadku dużych elementów izolacyjnych, takich jak kanały kablowe, listwy, trasy kablowe, obudowy.
Przykłada się kilkakrotnie ogień powstały ze spalania propanu, co pozwala na sprawdzenie takich parametrów, jak: rozprzestrzenianie się ognia, spadanie zapalonych kropli tworzywa, czas gaśnięcia tworzywa.

Próba przy użyciu palnika 1 kW.

Spalanie PCV

PCV składa się głównie z chloru, który w przypadku pożaru uwalnia się w postaci chlorku wodoru. Gaz ten za względu na właściwości podrażniające przy słabym stężeniu ułatwia szybkie wykrycie pożaru węchem, zanim zdąży się on rozprzestrzenić. Chlorek wodoru (który w stanie płynnym jest kwasem chlorowodorowym) powstały ze spalania PCV zgodnie z 1 częścią raportu ISO 9122 nie jest zaliczany do substancji toksycznych.

Niemniej jednak najbardziej prawdopodobnym zagrożeniem jakie może stwarzać jest korozja, zwłaszcza jeśli nie przeprowadza się szybko odkażania miejsc lub jeśli nie jest możliwe wykonanie takiego odkażenia. Mamy tu na myśli straty wynikające z uszkodzeń złożonych i kosztownych systemów optycznych (aparatów medycznych lub meteorologicznych), maszyn wysokociśnieniowych, elementów żeglugi.

Przepisy prawne dotyczące ognioodporności materiałów budowlanych

Aktualnie obowiązujące przepisy prawne w zakresie materiałów budowlanych dotyczą gównie dwóch zagadnień:
- reakcji materiału na ogień, którą ocenia się w zależności od tego, czy materiał podtrzymuje rozprzestrzenianie się ognia,
- odporności na ogień, czyli czas kiedy elementy konstrukcyjne, takie jak słupy, belki, przegrody, drzwi, zachowują swoje funkcje pomimo działania ognia.
W zakresie palności materiałów budowlanych w Polsce obowiązuje Prawo budowlane oraz rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. nr 75, z 2003 r., poz. 690). Stosowanym w rozporządzeniu określeniom (bez wykładzin podłogowych): niepalny, niezapalny, trudno zapalny, łatwo zapalny, niekapiący, samogasnący, intensywnie dymiący przypisuje się klasy reakcji na ogień zgodnie z Polską Normą PN-EN 13501 1:2007 „Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych i elementów budynku. Część 1: Klasyfikacja na podstawie badań reakcji na ogień. Przewody i kable elektryczne oraz inne instalacje wykonane z materiałów palnych, prowadzone w przestrzeni podpodłogowej podłogi podniesionej i w przestrzeni ponad sufitami podwieszonymi, wykorzystywanej do wentylacji lub ogrzewania pomieszczenia, powinny mieć osłonę lub obudowę o klasie odporności ogniowej co najmniej E I 30, a w budynku wysokościowym (WW) lub ze strefą pożarową o gęstości obciążenia ogniowego ponad 4 000 MJ/m² – co najmniej E I 60.

Określenia dotyczące palności stosowane w rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r.		Klasy reakcji na ogień zgodnie z PN-EN 13501-1:2007
Niepalne		A1; A2-s1, d0; A2-s2, d0; A2-s3, d0;
Palne	niezapalne	A2-s1, d1; A2-s2, d1; A2-s3, d1; A2-s1, d2; A2-s2,d2; A2-s3, d; B-s1, d0; B-s2, d0; B-s3, d0; B-s1, d1; B-s2, d1; B-s3, d1; B-s1, d2; B-s2, d2; B-s3, d2;
	trudno zapalne	C-s1, d0; C-s2, d0; C-s3, d0; C-s1, d1; C-s2, d1; C-s3, d1; C-s1, d2; C-s2, d2; C-s3, d2; D-s1, d0; D-s1, d1; D-s1, d2;
	łatwo zapalne	D-s2,d0; D-s3, d0; D-s2,d1; D-s3, d1; D-s2,d2; D-s3, d2; E; E-d2; F;
Niekapiące		A1; A2-s1, d0; A2-s2, d0; A2-s3, d0; B-s1, d0; B-s2, d0; B-s3, d0; C-s1, d0; C-s2, d0; C-s3, d0; D-s1, d0; D-s2, d0; D-s3, d0;
Samo gasnące		co najmniej E
Intensywnie dymiące		A2-s3, d0; A2-s3, d1; A2-s3, d2; B-s3, d0; B-s3, d1; B-s3, d2; C-s3, d0; C-s3, d1; C-s3, d2; D-s3, d0; D-s3, d1; D-s3, d2; E; E-d2; F;

Zagrożenie pożarowe (ciąg dalszy)

Wartość opałowa materiałów

Jest to maksymalna ilość ciepła, które może wydzielić masa danego materiału do momentu całkowitego spalenia. Wyraża się tę wartość w MJ/kg. Wyróżnia się wartość opałową górną i dolną. Zależy od niej część „uwolnionego ciepła" ze skraplania wody lub wchłoniętego przez pozostałą wodę w postaci pary. Na podstawie wartości opałowej materiałów można wyliczyć obciążenie cieplne, tzn. ilość palnego materiału, który może podtrzymać ogień. Tego terminu używa się w stosunku do niektórych pomieszczeń (np. przemysłowych, magazynowych, wieżowców itp.).
Sposoby obliczania obciążenia cieplnego oraz górnych wartości opałowych są podane na str. 124.

Euroklasy

Normy dotyczące klasyfikacji materiałów budowlanych ze względu na ich reakcje na ogień uległy niedawno zmianie. Weszły w życie nowe klasyfikacje europejskie, zwane „euroklasami" (Dyrektywa 2000/147/CE dot. reakcji na ogień i 2000/367/CE dot. odporności na ogień) i są w trakcie wdrażania przez kraje członkowskie Unii. Klasyfikacje te bazują na testach, które mają pokazać jaka jest realna reakcja materiału na ogień w sytuacji pożaru (np. ogień w koszu na śmieci) i mają za zadanie stworzyć klasyfikację dla poszczególnych materiałów.
Wykonywane testy:
Test kąta pomieszczenia: ISO 9705,
Wartość opałowa górna: EN ISO 1719,
Piec bezpaliwowy: EN ISO 1182,
Test małego płomienia: EN ISO 11925-2,
Test – izolowany przedmiot w ogniu: EN 13823,
Testy pokryć podłogowych: EN ISO 9239-1.
Testy te umożliwiają obliczenie udziału termicznego, który określa kinematykę spalania w stosunku energia/czas i udział dymu, łącząc jednocześnie rozprzestrzenianie się dymu i jego właściwości nieprzejrzyste.
Ta klasyfikacja i próby dotyczą materiałów budowlanych.
Identyczna klasyfikacja oznaczona FL ($A1_{FL}$, $A2_{FL}$, B_{FL}, C_{FL}, D_{FL}, E_{FL}) dotyczy podłóg, dla których też istnieją odpowiednie testy (EN ISO 9239-1).
Nową klasyfikację uzupełniają dodatkowe testy dotyczące wytwarzania dymu, kropli i odpadów spalania (d1, d2, d3).
Materiały wykończeniowe są klasyfikowane wg skali M (M0,M1,M2 itd.)
Przewiduje się tymczasowe procedury dla materiałów budowlanych klasy M, które są dopuszczone prawnie do obrotu i które posiadają wymagane atesty.

Klasa	Testy norm	Klasyfikacja dodatkowa
A1	EN ISO 1182 i EN ISO 1716	Nie występuje długie spalanie
A2	EN ISO 1182 lub EN ISO 1716 i ISO 1716	Wytwarzanie dymu i skraplanie/zapalone cząstki
B	EN ISO 13823 i EN ISO 11925-2	Wytwarzanie dymu i skraplanie/zapalone cząstki
C	EN ISO 13823 i EN ISO 11925-2	Wytwarzanie dymu i skraplanie/zapalone cząstki
D	EN ISO 13823 i EN ISO 11925-2	Wytwarzanie dymu i skraplanie/zapalone cząstki
E	EN ISO 11925-2	Wytwarzanie dymu i skraplanie/zapalone cząstki
F	Brak określonych testów	

Porównanie starych i nowych klasyfikacji

Klasyfikacja wg normy EN 13501-01			Dawna klasyfikacja
A1			niepalny
A2	s1	d0	M0
A2	s1	d1[1]	M1
	s2	d0	
	s3	d1[1]	
B	s1	d0	
	s2	d1[1]	
	s3		
C	s1[2][3]	d0	M2
	s2[3]	d1[1]	
	s3[3]		
D	s1[2]	d0	M3
	s2	d1[1]	M4 (bez kropel)
	s3		
wszystkie klasy oprócz E-d2 i F			M4

Klasyfikacja wg normy EN 13501-01			Dawna klasyfikacja
$A1_{FL}$			niepalny
$A2_{FL}$	s1		M0
$A2_{FL}$	s2		M3
B_{FL}	s1		
C_{FL}	s2		
D_{FL}	s1		M4
	s2		

(1) Dopuszcza się poziom d1 tylko wtedy, gdy nie są to termobezpieczniki.
(2) Poziom s1 – nie jest konieczne dostarczanie przewidzianych elementów (poziom CI i N) zgodnie z instrukcją z dnia 1 grudnia 1976 r.
(3) Dopuszcza się zamiennik M1, jeśli jest to komponent „niematerialny" (czyli nie jest istotną częścią produktu: masa <1 kg/m² lub grubość <1 mm).

Oszacowanie ryzyka i zachowań ludzi w przypadku pożaru

Tak jak przy innych wypadkach ryzyko związane z wystąpieniem pożaru zwiększa się niestety często z powodu niewłaściwych ludzkich zachowań. Najlepsze techniczne środki ostrożności nie przyniosą efektu, jeśli nie będzie się przestrzegać podstawowych zasad, np. gdy wyjścia będą zamykane, gdy drzwi odcinające ogień będą otwarte gdy korytarze ewakuacyjne będą zastawione, gdy nie będą działać urządzenia sygnalizacyjne lub gdy będzie się magazynować niebezpieczne materiały w nieodpowiedniej ilości itd. Nie należy zapominać, że większość palnych materiałów stanowi wyposażenie mieszkań (meble, dekoracje, firanki, ubrania, urządzenia i inne produkty).

Klasa odporności pożarowej budynku w rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r.	Klasa odporności ogniowej elementów budynku w rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r.					
	Główna konstrukcja nośna	Konstrukcja dachu	Strop	Ściana zewnętrzna	Ściana wewnętrzna	Przykrycie dachu
1	2	3	4	5	6	7
„A"	R 240	R 30	R E I 120	E I 120 (o↔i)	E I 60	R E 30
„B"	R 120	R 30	R E I 60	E I 60 (o↔i)	E I 30	R E 30
„C"	R 60	R 15	R E I 60	E I 30 (o↔i)	E I 15	R E 15
„D"	R 30	(-)	R E I 30	E I 30 (o↔i)	(-)	(-)
„E"	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)

Zagrożenie pożarowe (ciąg dalszy)

ZASADY ZABEZPIECZEŃ PRZECIWPOŻAROWYCH

1 UŚWIADOMIENIE ZAGROŻENIA

Powiedziano już wiele na temat pożaru i przeanalizowano to zagrożenie na wiele sposobów. Przyczyny nieszczęśliwych wypadków związanych z pożarem są zwykle proste. Analiza zjawiska, a następnie dopasowanie rozwiązań powinny opierać się zawsze na dwóch podstawowych kryteriach:
- jaki to rodzaj zagrożenia?
- jakie dobrać zabezpieczenie?

Zagrożenia i ich konsekwencje

Powinno się przeanalizować wszystkie czynniki, które mogą być źródłem pożaru lub które mogą przyczynić się do zwiększenia zagrożenia wybuchu pożaru. Należy wziąć pod uwagę następujące czynniki:
– budynki: ich rodzaj i konstrukcję,
– cyrkulację: ludzi, pojazdów, służb,
– magazynowanie: surowców, materiałów palnych,
– instalacje: elektryczną, wodną, gazową, przeciwpożarową,
– rodzaj działalności: przemysłowa, usługowa, szkolnictwo, gospodarstwa rolne,
– odpadki: surowce, opakowania.

Instalacje klasyfikowane

Instalacje klasyfikowane to – w najbardziej ogólnym znaczeniu – wszystkie budynki i pomieszczenia, gdzie prowadzi się działalność przemysłową, handlową, rzemieślniczą lub rolną, i które mogą stworzyć zagrożenie dla środowiska (np. zanieczyszczenie, hałas, produkcje odpadów itp.) lub stanowić zagrożenie dla powszechnego bezpieczeństwa, zdrowia i higieny. Instalacje takie mają swoją oficjalną „nomenklaturę". W przypadku tych instalacji ustawodawstwo nakłada system deklaracji i dopuszczeń administracyjnych i określa ich warunki działania. Instalacje te muszą być pod ciągłą kontrolą. Ustawodowstwo opisuje również szczegółowe przepisy dotyczące przeciwdziałaniu zagrożeniom, środki i sposoby zorganizowania pomocy. Instalacje elektryczne zarówno zwykłe, jak i awaryjne są przedmiotem szczegółowych przepisów, zwłaszcza w pomieszczeniach o podwyższonym zagrożeniu pożarowym (które są oznaczane symbolem BE2 wg normy IEC 60364-4-482) i w pomieszczeniach zagrożonych wybuchem (oznaczenie BE3 wg tej samej normy). Przepisy regulują rodzaj i parametry materiałów elektrycznych, urządzeń zabezpieczających, ułożenia przewodów oraz środki ostrożności dotyczące instalacji zwykłej i alarmowej.

Tartak – pomieszczenie o podwyższonym zagrożeniu pożarowym (instalacja klasyfikowana BE2). >

Ochrona osób

Ochrona przed skutkami pożaru polega przede wszystkim na ochronie ludzi: pracowników, klientów, przechodniów, miejscowej ludności, a także ratowników i innych osób interweniujących.

^ Sale widowiskowe, biurowce, parki, stadiony i inne skupiska ludzkie, gdzie bezpieczeństwo ludzi powinno być na pierwszym planie.

2 INSTALACJE ALARMOWE

Instalacje alarmowe to te urządzenia i instalacje, które wykrywają zagrożenie pożarowe, zawiadamiają o tym i umożliwiają przeprowadzenie ewakuacji ludzi w jak najlepszych i najbezpieczniejszych warunkach. Instalacje alarmowe posiadają następujące funkcje:
– funkcję wykrywania pożaru,
– funkcję alarmowania,
– funkcję zarządzania wyjściami awaryjnymi,
– funkcję wykonywania przedziałów i oddymiania,
– funkcję automatycznego wyłączania,
– funkcję wyłączania awaryjnego niektórych urządzeń.

Funkcje te są zebrane pod nazwą „system bezpieczeństwa pożarowego".

Projektowanie i wykonywanie instalacji alarmowych wymaga gruntownej wiedzy i znajomości coraz większej ilości przepisów. Dlatego też należy przestrzegać następujących etapów przy realizacji tych prac:
1. Określenie rodzaju budynku:
- budynek użyteczności publicznej,
- zakład pracy,
- wieżowiec,
- pomieszczenia mieszkalne.
2. Określenie rodzaju działalności, którą prowadzi się w budynku.
3. Określenie kategorii po obliczeniu stanu liczebnego ludzi i personelu (5 kategorii).
4. Uwzględnienie stanu liczebnego osób niepełnosprawnych.
5. Dobranie dla konkretnego budynku rodzaju oświetlenia awaryjnego, rodzaju alarmu i systemu przeciwpożarowego.

Zagrożenie pożarowe (ciąg dalszy)

Słownictwo dotyczące instalacji przeciwpożarowych oraz używane skróty

SDI: System wykrywania pożaru

To zestaw urządzeń służących do wykrywania pierwszych fizycznych sygnałów pożaru (ciepło, dym). System SDI zawiera autonomiczne detektory, wyłączniki przeciwpożarowe, wyposażenie do sterowania i sygnalizacji wbudowane w rozdzielnicę sygnalizującą alarm.

SMSI: System bezpieczeństwa przeciwpożarowego

Są to urządzenia, zapewniające bezpieczeństwo przeciwpożarowe budynku, przez sterowanie urządzeniami, które wzbudzają alarm i sygnalizację przeciwpożarową. System ten wykrywa również nieprawidłowe działanie swoich urządzeń i posiada kontrolę poprawnego ich działania. Składa się z centralki, urządzeń alarmowych peryferyjnych i elementów wykonawczych.

Połączenie obu systemów opisanych powyżej tworzy system bezpieczeństwa przeciwpożarowego.

CMSI: Centrala bezpieczeństwa przeciwpożarowego

Jest to zestaw urządzeń, które zbierają informacje z systemu wykrywania pożaru i lokalizują odpowiednią strefę detekcji. W skład urządzeń tego systemu wchodzą ręczne sterowniki, które mają za zadanie częściowe lub całościowe zabezpieczenie budynku (np. uruchomienie przegród przeciwpożarowych lub włączenie oddymiania). Znajdują się tam również sterowniki alarmowe, które sterują alarmem dźwiękowym, oraz sygnalizatory stanu alarmu, które pokazują, że system jest w stanie czuwania, bądź w stanie alarmu, bądź w stanie rozregulowania, bądź wykrył nieprawidłowe działania. Stan czuwania to stan czynnego nadzoru. Stan alarmowy włącza się, gdy nastąpiło wykrycie pożaru przez detektor. Stan rozregulowania to anormalny stan instalacji, który wymaga zwykle powtórnego załączenia alarmu, np. po wykryciu zagrożenia pożarowego. Stan sygnalizujący nieprawidłowe działania oznacza, że instalacja wymaga naprawy.

EA: Urządzenia alarmowe

Są to urządzenia, które uruchamiają i wydają sygnały dźwiękowe, np. wyzwalacze ręczne, sterowniki alarmowe lub syreny. Istnieje kilka rodzajów syren: syreny nieautonomiczne, autonomiczne bloki syren oraz główne, selektywne syreny alarmowe.

DAS: Elementy wykonawcze

Elementy te sterują zmianą stanu fizycznego lub mechanicznego funkcji uruchamiania przegród (przegrody odcinające ogień, drzwi odcinające ogień, ekrany). Sterują również oddymianiem (uruchamiają przesłony, wywiewy, wentylatory wyciągowe) oraz odblokowaniem wyjść awaryjnych (otwierają się wyjścia awaryjne, włącza się sygnalizacja i oświetlenie awaryjne).

Elementy wykonawcze mogą być zdalnie sterowane przez centralę, przez przyciski ręczne lub przez detektory. Elementy wykonawcze automatyczne nie wymagają zewnętrznego sygnału, aby przejść w stan awaryjny (np. do uruchomienia systemów zraszania).

Elementy wykonawcze mogą mieć zasilanie zewnętrzne. Mogą mieć również zasilanie autonomiczne (awaryjne lub wbudowane) lub własne (sprężyna, masa).

Elementy wykonawcze, syreny, autonomiczne bloki alarmu dźwiękowego i wentylatory oddymiające to urządzenia sterowana końcowego.

Legrand proponuje rozwiązania umożliwiające wykonanie instalacji alarmowych dla prawie wszystkich rodzajów budynków.
Instrukcja pt. „Alarmy przeciwpożarowe produkcji Legrand" zawiera wszystkie informacje na temat tego co trzeba zrobić przed, w trakcie i po oddaniu do użytku instalacji alarmowej. W przystępnej formie przedstawia wymagania i rozwiązania przy doborze urządzeń dla każdego typu budynku. To niezbędne narzędzie każdego projektanta i instalatora!

Urządzenia alarmowe, przeciwpożarowe z oferty Legrand

ROZDZIELNICA BEZPIECZEŃSTWA PRZECIWPOŻAROWEGO
Zawiera: centralkę (CMSI) i urządzenia sygnalizacyjno-kontrolne (ECS).

WYŁĄCZNIKI PRZECIWPOŻAROWE RĘCZNE (DM)
Po rozbiciu szybki i naciśnięciu przycisku przekazują informacje do centralki (CMSI).

DETEKTORY (DA)
Wykrywają powstawanie pożaru (dym, podwyższoną temperaturę) i przekazują informacje do centralki (CMSI).

URZĄDZENIA WYKONAWCZE (DAS)
Zamki elektromagnetyczne zamykające drzwi po otrzymaniu sygnału z centralki (CMSI).

DETEKTOR Z WYŁĄCZNIKIEM
Może miejscowo wykryć zagrożenie pożarowe i sterować zamykaniem drzwi.

Zagrożenie pożarowe (ciąg dalszy)

System przeciwpożarowy

Dobór systemu przeciwpożarowego zależy od rodzaju budynku. Wyróżnia się pięć rodzajów alarmów przeciwpożarowych, które oznacza się literami od A do E – od najbardziej złożonego do najprostszego. Każdy rodzaj alarmu ma swoje urządzenia, które też dzieli się na kategorie: 1, 2a, 2b, 3 i 4.
W niektórych budynkach publicznych (np. małe biura, gdzie przebywa poniżej 20 osób) system przeciwpożarowy może mieć ograniczoną liczbę elementów.
Oświetlenie awaryjne nie jest integracyjną częścią systemu przeciwpożarowego, natomiast ma za zadanie zapobiegać panice i ułatwić ewakuację.
Oświetlenie awaryjne ma dwie funkcje:
- wskazać i oświetlić wyjścia ewakuacyjne,
- zapewnić oświetlenie minimalne w obiektach, gdzie liczba osób ma określoną ilość (50 w części podziemnej, na parterze i piętrach).

System przeciwpożarowy kategorii A

Ten system przeciwpożarowy składa się z autonomicznych detektorów i ręcznego wyłącznika przeciwpożarowego na tablicy synoptycznej. W skład systemu bezpieczeństwa przeciwpożarowego wchodzą centralka i elementy wykonawcze. Detekcja pożaru powoduje natychmiastowe uruchomienie elementów wykonawczych. Ten system pożarowy współdziała z urządzeniami alarmowymi typu 1.

System przeciwpożarowy kategorii B

Ten system składa się z centrali i elementów wykonawczych. Ten ograniczony system przeciwpożarowy może sterować trzema elementami wykonawczymi. System przeciwpożarowy kategorii B współdziała z urządzeniami alarmowymi typu 2a.

System przeciwpożarowy kategorii C

Składa się tylko z centrali, która działa w sposób ograniczony. W jej skład wchodzą urządzenia do sterowania i sygnalizacji oraz elementy wykonawcze. Detektory mogą sterować bezpośrednio jednym lub maksymalnie trzema elementami wykonawczymi. System przeciwpożarowy kategorii C współdziała z urządzeniami alarmowymi typu 2a lub 2b.

System przeciwpożarowy kategorii D

Składa się tylko z urządzeń sterowanych ręcznie, które mogą być zgrupowane i sterować np. otwieraniem klap oddymiających. Detektory są działania miejscowego. Urządzenia alarmowe są typu 2b lub 3 (4 z tablicą alarmu o nr. ref. 040662 prod. Legrand). Może sterować zamykaniem drzwi i/lub otwieraniem wyjść ewakuacyjnych.

System przeciwpożarowy kategorii E

Składa się z jednego lub kilku urządzeń sterowanych ręcznie i elementów wykonawczych (taka sama zasada działania detektorów i urządzeń awaryjnych jak opisano powyżej).

W niektórych budynkach nie podaje się rodzaju systemu przeciwpożarowego, zwłaszcza w przypadku kategorii alarmowych mniej wymagających. Rodzaj wyposażenia alarmu jest wówczas dobierany zgodnie z wymaganiami technicznymi i normami.

Nowe stanowisko: koordynator systemu przeciwpożarowego

Kierownik obiektu powinien wyznaczyć osobę odpowiedzialną za zatwierdzenia doboru urządzeń alarmowych oraz za wykonanie odpowiedniej instalacji.
Ta osoba ma za zadanie zebranie wszystkich dokumentów, które umożliwią sporządzenie protokołu odbioru, oraz czuwanie nad prawidłowym działaniem całego systemu przeciwpożarowego, który został zamontowany w budynku.

Rozmieszczenie systemu przeciwpożarowego

Zagrożenie pożarowe (ciąg dalszy)

Normy dotyczące systemów alarmów przeciwpożarowych

PN-EN 54-1:1998 Systemy sygnalizacji pożarowej
– Część 1: Wprowadzenie.
PN-EN 54-2:2002 Systemy sygnalizacji pożarowej
– Część 2: Centrale sygnalizacji pożarowej.
PN-EN 54-3:2003 Systemy sygnalizacji pożarowej
– Część 3: Pożarowe urządzenia alarmowe. Sygnalizatory akustyczne.
PN-EN 54-4:2001 Systemy sygnalizacji pożarowej
– Część 4: Zasilacze.
PN-EN 54-4:2001/A1:2003 Systemy sygnalizacji pożarowej – Część 4: Zasilacze. Zmiana A1 harmonizująca normę z dyrektywą budowlaną.
PN-EN 54-5:2003 Systemy sygnalizacji pożarowej
– Część 5: Czujki ciepła. Czujki punktowe.
PN-EN 54-7:2004 Systemy sygnalizacji pożarowej
– Część 7: Czujki dymu. Czujki punktowe działające z wykorzystaniem światła rozproszonego, światła przechodzącego lub jonizacji.
PN-EN 54-10: 2002 (U) Systemy sygnalizacji pożarowej
– Część 10: Czujki płomieni. Czujki punktowe.
PN-EN 54-11: 2004 Systemy sygnalizacji pożarowej
– Część 11: Ręczne ostrzegacze pożarowe.
PN-EN 54-12:2004 (U) Systemy sygnalizacji pożarowej
– Część 12: Czujki dymu. Czujki liniowe wykorzystujące przechodzącą wiązkę światła.
PN-E-08350-14:2002 Systemy sygnalizacji pożarowej
– Część 14: Projektowanie, zakładanie, odbiór, eksploatacja i konserwacja instalacji.
PN-EN 12094-1:2004 (U) Stałe urządzenia gaśnicze
– Podzespoły do urządzeń gaśniczych gazowych
– Część 1: Wymagania i metody badań automatycznych elektrycznych central sterowania gaszeniem.
PN-EN 12094-3:2004 (U) Stałe urządzenia gaśnicze
– Elementy składowe urządzeń gaśniczych gazowych
– Część 3: Wymagania i metody badań urządzeń do ręcznego wyzwalania i zatrzymywania.
PN-ISO 6790:1996 Sprzęt i urządzenia do zabezpieczeń przeciwpożarowych i zwalczania pożarów.
PN-ISO 6790/Ak:1997 Sprzęt i urządzenia do zabezpieczeń przeciwpożarowych i zwalczania pożarów. Symbole graficzne na planach ochrony przeciwpożarowej.
PN-ISO 8421-3:1996 Ochrona przeciwpożarowa
– Wykrywanie pożaru i alarmowanie. Terminologia.
PN-EN 60849:2001 Dźwiękowe systemy ostrzegawcze.

Rozmieszczenie urządzeń alarmowych

Bardzo istotny jest odpowiedni wybór miejsca na rozmieszczenie elementów systemu alarmowego, a zwłaszcza tablicy sygnalizacyjnej i urządzeń przekazujących sygnał alarmowy.
Wszystkie te urządzenia powinny być:
- stale widoczne (w przypadku hotelu najlepiej na recepcji),
- dostępne dla wykwalifikowanego personelu, niedostępne dla osób niepowołanych,
- zainstalowane w pomieszczeniu lub strefie, gdzie ryzyko powstania pożaru jest najmniejsze,
- łatwe od rozpoznania i dostępne dla pracowników straży pożarnej (np. w głównym wejściu).

Istnieją obostrzenia, które często mogą okazać się sprzeczne, ale wymagają też zachowania szczególnych środków ostrożności: instalacja musi posiadać dodatkowe zabezpieczenie (wzmocniony tynk lub metalową rozdzielnię z przeszklonymi drzwiami).
Zaleca się stosowanie do wskazówek służb technicznych.

Urządzenia systemu alarmowego

Urządzenia alarmowe, które służą do powiadamiania o zagrożeniu i konieczności ewakuacji osób z budynku muszą być obowiązkowo instalowane we wszystkich budynkach użyteczności publicznej. W zależności od warunków mogą to być systemy alarmowe ogólne (powiadomienie o alarmie zarówno personelu jak i gości budynku), ogólne i wybiórcze (powiadomienie tylko niektórych osób, np. w szpitalu) lub powiadomienie ograniczone (powiadomienie tylko służb technicznych, np. straży pożarnej).

Rodzaje alarmów

Określenie kategorii zagrożenia pożarowego umożliwia wybranie odpowiedniego alarmu.
Niektóre kategorie mogą mieć kilka rodzajów alarmu do wyboru.

Kategoria D możliwość realizacji przez zastosowanie alarmu.

Zestaw alarmowy typ 1

Składa się z centrali alarmowej, syren i autonomicznych bloków alarmu dźwiękowego typu Sa. Alarm typu 1 zawiera przeciwpożarowe, autonomiczne detektory. Ma kilka obwodów detekcji, zarządza kilkoma różnymi strefami (np. drogą ewakuacyjną i włączeniem alarmu). Jest to najbardziej kompletny system i najbardziej rozbudowany (przeznaczony do zagrożenia kategorii A).

Zestaw alarmowy typ 2a

Składa się również z centralki i wyłączników ręcznych przeciwpożarowych, ale nie musi zawierać autonomicznych wyzwalaczy.

Zestaw alarmowy typ 2b

Sterowanie jest wykonywane przez autonomiczne bloki syren, do których są podłączone wyłączniki przeciwpożarowe. Tylko jedna strefa może być podłączona do takiego rodzaju alarmu.

Zestaw alarmowy typ 3

Składa się tylko z jednego lub kilku autonomicznych bloków syren, które są sterowne przez wyłączniki przeciwpożarowe.

Zestaw alarmowy typ 4

Zgodnie z przepisami może składać się tylko z jednego urządzenia dźwiękowego, np. syreny, dzwonka lub gongu. W praktyce jednak zestawy alarmowe Legrand typu 4 są bardziej rozbudowane, mają powiadomienie dźwiękowe oraz możliwość sterowania.

Definicje urządzeń alarmowych

Centralki alarmowe
Są częścią zintegrowanego systemu alarmowego i gromadzą informacje z systemu przeciwpożarowego. Istnieją centralki alarmowe typu 1 i typu 2 Systemy alarmowe typu 2b, 3 i 4 nie muszą mieć centralek alarmowych.

Autonomiczne Bloki Alarmu Dźwiękowego
Dają sygnał dźwiękowy nakazujący ewakuację nawet wtedy, gdy brak jest zasilania z sieci. Istnieją bloki typu Pr (podstawowe), które w ograniczony sposób zarządzają alarmem i które mogą sterować kilkoma blokami; bloki typu Sa (satelity), które sterują alarmem we wszystkich strefach i są sterowane przez centralki lub przez blok Pr; oraz bloki typ Ma, które są sterowane przez zestyk.

Zagrożenie pożarowe (ciąg dalszy)

< Syreny alarmowe.

^ Autonomiczny blok alarmu dźwiękowego typ Pr.

^ Autonomiczny blok alarmu dźwiękowego typ Sa (satelita).

^ Alarm typ 4.

Zasilanie instalacji alarmowych

Zasilanie zastępcze (zwane również zasilaniem systemów awaryjnych) służy do zasilania systemów bezpieczeństwa (patrz str. 38). Zasilacze tych systemów mogą być wbudowane w autonomiczne bloki systemów alarmowych lub w centrale alarmowe (alarmy typu 1 i 2a), mogą też zasilać tylko niektóre elementy peryferyjne (np. odpowietrzniki elektromagnetyczne).

< Centrala zasilania systemów alarmu ppoż.

Baterie zasilaczy bezpieczeństwa (współczynnik Cu ≥ 1000) powinny być instalowane w pomieszczeniu o przerywaniu ognia do 1 godziny (drzwi-przerywanie ognia do ½ godziny).
Przykład:
100 Ah x 24 V → Cu = 2400 → Cu > 1000

Okablowanie instalacji bezpieczeństwa

Zgodnie z ogólną zasadą przewody i kable zasilające instalacje awaryjne powinny być typu CR1 (odporne na ogień), a ich elementy łączeniowe i rozgałęźne powinny być poddane testom z użyciem rozżarzonego drutu przy temperaturze 960°C.
Przewody kategorii C2 można stosować do zasilania elementów wykonawczych (np. odpowietrznika), albo wtedy, gdy są prowadzone w kanałach kablowych lub rurkach i stanowią zabezpieczenia przeciwpożarowe przez okres 1 godziny.
Prowadzenie przewodów zasilania awaryjnego musi być niezależne od prowadzenia obwodów zasilania zwykłego i nie może znajdować się w pomieszczeniach o podwyższonym zagrożeniu pożarowym.
Instalacje obwodów oświetlenia awaryjnego podlegają oddzielnym przepisom: obwody oświetlenia ewakuacyjnego i oświetlenia oznakowawczego muszą być oddzielone, każde pomieszczenie powinno mieć co najmniej dwa oddzielne obwody oraz przewody kategorii CR1 (źródło centralne) lub CR2 (bloki autonomiczne) i muszą być oddzielone od siebie.

Bloki zasilania autonomicznego prod. Legrand zasilają oświetlenie awaryjne na różne napięcia (24 V, 48 V, 110 V, 220 V DC i 230 V AC).
Można dołączyć do nich szafkę sterowniczą, która zasila oświetlenie ewakuacyjne.

Oświetlenie awaryjne

Obecnie przepisy pozwalają na stosowanie oświetlenia awaryjnego, które jest zasilane przez niezależne bloki oświetlenia awaryjnego lub przez centralne źródło zasilające. Lampy awaryjne zapalają się w przypadku awarii obwodów oświetlenia głównego, a ich czas pracy wynosi co najmniej 1 godzinę. Oświetlenie awaryjne spełnia dwie funkcje:
- ewakuacyjną (oznakowanie dróg ewakuacyjnych), ponieważ umożliwia ewakuację osób na zewnątrz budynku, oświetlając wyjścia, korytarze (minimum co 15 m), przeszkody i zmiany kierunku; lampy ewakuacyjne są zapalone przy oświetleniu normalnym,
- oświetleniową (lub przeciwdziałającą panice) stosuje się w pomieszczeniach, gdzie znajduje się ponad 100 osób lub ponad 50 osób w przypadku podziemi.

W niektórych dużych budynkach lub takich, które mogą pomieścić znaczną ilość osób, stosowanie oświetlenia awaryjnego jest obowiązkowe. Każdy rodzaj oświetlenia musi mieć oddzielne zasilanie i musi być zasilany z dwóch oddzielnych obwodów (oddzielnie doprowadzonych). Lampy są zasilane naprzemiennie w każdym z obwodów, aby zapewnić minimalne oświetlenie w razie awarii.
W małych pensjonatach, gdy nie ma oświetlenia awaryjnego, należy zainstalować niezależne bloki oświetlenia awaryjnego wraz z niezależnymi blokami oświetlenia mieszkaniowego, które są załączane przez centralkę bezpieczeństwa.

Oświetlenie awaryjne

■ Zasilanie oświetlenia z centralnego źródła (przez zespoły prądotwórcze lub przez baterie).

Oświetlenie awaryjne powinno działać dopóki są ludzie w budynku. Prowadzenie instalacji i przewody między źródłem zasilania i lampami muszą być odporne na ogień (przewody lub kable typu CR1 lub CR2 w izolacji ognioodpornej, 1 lub 2 godziny w zależności od rodzaju pomieszczenia).
■ Zasilanie oświetlenia z centralnego źródła lub przy użyciu niezależnych bloków zasilania.

Zasilanie lamp w stanie czuwania po zaniku napięcia jest automatycznie przełączane (maksymalnie 1 s) na tryb awaryjny (przełączanie na zasilanie z bloku lub przełączanie między podstawowym a awaryjnym źródłem zasilania). Prowadzenie instalacji musi być również odporne na ogień (podobnie jak typ A).
■ Zasilanie oświetlenia z centralnego źródła lub przy użyciu autonomicznych bloków zasilania.

Lampy awaryjne w stanie czuwania nie są zasilane lub są zasilane z normalnego źródła. Przełączanie zasilania między źródłami musi odbywać się w ciągu 15 s (dopuszcza się 60 s w przypadku zasilania przez zespoły prądotwórcze). Zależność czasowa powinna wynikać ze schematu przełączania źródeł, aby zapobiec niezamierzonym włączeniom lub wyłączeniom. Prowadzenie instalacji nie musi być odporne na działanie ognia, chyba że przechodzi przez pomieszczenia o podwyższonym ryzyku wystąpienia pożaru.

Oświetlenie awaryjne składa się z przenośnych lamp zasilanych na baterię lub przez akumulatory (wyłącznie w pomieszczeniach technicznych).

Podłączenie obwodu zasilania niezależnych bloków oświetlenia awaryjnego wykonuje się na obwodzie zasilania oświetlenia normalnego, które zwykle znajduje się w tym samym pomieszczeniu. Aby zapobiec przedwczesnemu zużyciu i wyczerpaniu bloków, należy je podłączyć do zdalnego, centralnego sterowania, które wyłącza je w momencie zamykania pomieszczeń. Bloki autonomicznego systemu testowania wykonują tę operację automatycznie, a także umożliwiają wykonywanie obowiązkowych testów: test działania co miesiąc, test autonomii co 6 miesięcy.

Zagrożenie pożarowe (ciąg dalszy)

< Centrala do niezależnych bloków oświetlenia awaryjnego z możliwością sterowania, zarządzania i kontroli zestawu bloków.

Oferta Bezpieczeństwa Legrand zawiera wszystkie rozwiązania w zakresie oświetlenia awaryjnego – od najbardziej kompletnego (centrale do bloków z możliwością adresowania itp.) do najbardziej prostych (lampy przenośne), a oprócz tego oświetlenie do przeciwdziałania panice, oświetlenie otoczenia, ewakuacyjne i zdalne sterowniki oświetlenia awaryjnego.

^ Sterownik modułowy oświetlenia awaryjnego.

^ Bloki Arcor do oznakowania wyjść ewakuacyjnych.

Dobór oświetlenia awaryjnego

Zharmonizowanie przepisów dotyczących budynków użyteczności publicznej daje możliwość łatwego wyboru odpowiedniego oświetlenia.

Przejścia	Wszystkie	Ewakuacyjne
	Powierzchnie >50 m², gdzie znajdują się pomieszczenia, które mogą pomieścić do 100 osób	Ewakuacyjne i awaryjne
Pomieszczenia	Pomieszczenia, gdzie może znajdować się <20 osób, z korytarzem o długości <30 m prowadzącym do wyjścia	Brak przepisów
	Liczba osób <100	Ewakuacyjne
	Liczba osób >100 (mniej niż 1/m²)	Ewakuacyjne
	Liczba osób >100 (więcej niż 1/m²)	Ewakuacyjne i awaryjne

^ Niezależne bloki oświetlenia awaryjnego (fluorescencyjne) firmy Legrand stosowane do przeciwdziałania panice.

< Puszki rozgałęźne oraz ich podłączenia muszą przejść pozytywnie test palności rozżarzonym drutem żarowym o temperaturze 960°C. Powinny być oznakowane czerwonym kolorem.

< Lampy przenośne do oświetlenia awaryjnego zapalają się w momencie zaniku zasilania (mogą być stosowane w pomieszczeniach technicznych).

< Lampy do oświetlenia wyjść ewakuacyjnych mogą być stosowane w pomieszczeniach przemysłowych lub w budynkach użyteczności publicznej.

Oświetlenie ewakuacyjne w dużych pomieszczeniach (hale wystawowe, magazyny) jest trudne do wykonania przy użyciu urządzeń do montażu na stałe. Zwykle występuje brak konstrukcji wsporczych lub są to konstrukcje przenośne lub demontowalne. Dobrym rozwiązaniem jest zamontowanie w górnej części pomieszczeń projektorów na stałe.

Normy dotyczące oświetlenia awaryjnego

PN-EN 15193:2007 Energetyczne właściwości użytkowe budynków. Wymagania energetyczne dotyczące oświetlenia.
PN-EN 1838 Zastosowania oświetlenia. Oświetlenie awaryjne.
PN-EN 1838:2002 Oświetlenie awaryjne.
PN-EN 1838:2005 Zastosowania oświetlenia. Oświetlenie awaryjne.
PN-EN 50172 Systemy awaryjnego oświetlenia ewakuacyjnego.
PN-EN 50172:2005 Systemy awaryjnego oświetlenia ewakuacyjnego.
PN-EN 60598-2-22:2004 Oprawy oświetleniowe. Wymagania szczegółowe. Oprawy oświetleniowe do oświetlenia awaryjnego.
PN-G-02600:1996 Ochrona pracy w górnictwie. Oświetlenie podziemnych wyrobisk zakładów górniczych.
EN 1838 Zastosowania oświetlenia. Oświetlenie awaryjne.
EN 15193-1 Wydolność energetyczna budynków. Wymagania energetyczne dotyczące oświetlenia. Ocena energii oświetleniowej.

Zagrożenie pożarowe (ciąg dalszy)

Przegrody i oddymianie

Stawianie przegród ma na celu zapobieganie rozprzestrzeniania się ognia przez odizolowywanie poszczególnych części budynku. Przegrody należy wykonywać zgodnie z projektem, aby zapewnić jednocześnie ochronę budynku, ewakuację ludzi i oddymianie stref cyrkulacji powietrza. Zamykanie drzwi wykonuje się przez odpowiednie przyciski awaryjne połączone z hydraulicznym systemem zamykania poprzez zawory sterowane elektromagnetycznie. Oddymianie ogranicza groźne dla zdrowia skutki działania dymu (toksyczność, korozyjność, osad), sprawia, że dym staje się mniej gęsty, ale przede wszystkim ma na celu ułatwienie ewakuacji osób, poprawę widoczności i ułatwienie oddychania. Oddymianie jest stosowane głównie w strefach ewakuacyjnych: w korytarzach i na klatkach schodowych. Oddymianie może być naturalne (przez wyciąganie podnoszącego się dymu ciepłym powietrzem), przez klapy dymne sterowane ręcznie lub automatycznie przez centralkę bezpieczeństwa przeciwpożarowego (wówczas jest to sterowanie podnapięciowe).
Oddymianie może również działać mechanicznie przy pomocy wentylatorów sterowanych odpowiednimi przyciskami.

< Przycisk w obudowie załączający oddymianie.

Przycisk > do sterowania rozdzielnicą z przekaźnikami.

Zasady stawiania przegród są określone dla każdego rodzaju budynku. W zależności od konkretnego przypadku można zastosować drzwi tłumiące lub przerywające ogień. Przegrody są wymagane zawsze między budynkiem a przylegającymi obiektami (np. krytym parkingiem), a także w pomieszczeniach, takich jak hotele i szpitale.

Zasilanie wentylatorów do oddymiania

Wentylatory muszą być odporne na gorący dym (1 godzina przy 400°C).
Muszą być zasilane z awaryjnego źródła zasilania[1].
Zasilanie powinno być wykonane w układzie sieci IT lub w całości w II klasie ochronności lub w układzie SELV. Prowadzenie instalacji musi być odporne na działanie ognia CR1 (lub CR2). Aparaty zabezpieczające nie muszą mieć ochrony przed przeciążeniem, a jedynie przed zwarciem.
Sposób prowadzenia instalacji i aparaty zabezpieczające dobiera się w zależności od prądu uszkodzeniowego.

(1) W niektórych budynkach zasilanie może być prowadzone przez rozgałęzienie z głównej rozdzielnicy nN, pod warunkiem że jest ona zabezpieczona selektywnie i że jej izolacja jest stale sprawdzana (jeśli nie jest to układ sieci IT i gdy sygnalizowana jest obecność napięcia powyżej).

3 POMIESZCZENIA ZAGROŻONE WYBUCHEM POŻARU (BE2)

Pewna liczba budynków przemysłowych, budynków użyteczności publicznej lub niektóre pomieszczenia (np. kotłownie czy magazyny) zgodnie z normą IEC 60364-4-482 są klasyfikowane jako budynki o podwyższonym zagrożeniu pożarowym typu BE2.

Podwyższone ryzyko zagrożenia pożarem jest związane z rodzajem przetwarzanego surowca, takim miejscem są np. zakłady tytoniowe. >

Lista zakładów przemysłowych klasyfikowanych jako BE2

- Rzeźnie
- Produkcja akumulatorów
- Produkcja i magazyny kwasów
- Produkcja i magazyny alkoholi
- Produkcja i magazyny aluminium
- Składy asfaltu i bitumu
- Przetwórnie wełny
- Tartaki
- Browary
- Produkcja i przetwarzanie kauczuku
- Wytwórnie amunicji
- Produkcja kartonu
- Produkcja przedmiotów z celulozy
- Produkcja celulozy
- Składy węgla
- Magazyny materiałów tekstylnych
- Koksownie
- Produkcja klejów
- Magazyny paliw
- Przetwórnie tłuszczów
- Przetwórnie rud miedzi
- Destylarnie
- Produkcja i magazyny nawozów sztucznych
- Składy żelaza
- Przędzalnie
- Fabryki i magazyny gazów
- Przetwórnie smoły
- Drukarnie
- Produkcja roztworów z użyciem roztworów halogenowych
- Magazyny i zakłady, gdzie stosuje się roztwory łatwo palne
- Produkcja i składowanie magnezu
- Produkcja z tworzyw sztucznych
- Stolarnie
- Odlewnie
- Przetwórnie rud metali
- Produkcja i składowanie papieru
- Produkcja i składowanie perfum
- Produkcja i składowanie farb
- Fabryki materiałów wybuchowych
- Produkcja chemikaliów
- Rafinerie ropy naftowej
- Silosy zbożowe lub cukrowe
- Przetwórnie siarki
- Magazyny spirytusu
- Cukrownie
- Farbiarnie
- Produkcja tekstyliów
- Lakiernie
- Huty szkła
- Tłocznie oleju
- Produkcja węglowodorów
- Grawernie

Uwaga: Lista nie wyczerpuje wszystkich branż. Magazynowanie materiałów łatwo palnych (np. cieczy chłodząco-smarującej) może zakwalifikować zakład do grupy BE2, który normalnie nie był w ten sposób kwalifikowany. Należy pamiętać, że magazyny są często źródłami pożaru i tam pożar wyrządza najwięcej szkód.

Jeśli w budynku znajduje się jedno pomieszczenie o podwyższonym zagrożeniu pożarowym (np. kotłownia) ten fakt nie powoduje, że cały budynek jest zaliczany do grupy BE2, w przypadku gdy ta kotłownia posiada oddzielne wejście z zewnątrz i że są w niej przestrzegane przepisy, które obowiązują w pomieszczeniach BE2.

Zagrożenie pożarowe (ciąg dalszy)

Lista pomieszczeń klasyfikowanych jako BE2 w budynkach użyteczności publicznej

- **Typ L: sale koncertowe, konferencyjne, teatry lub inne (magazyny na dekoracje, garderoby).**
- **Typ M: sklepy, centra handlowe (magazyny opakowań).**
- **Typ T: wystawy (pomieszczenia, gdzie odbiera się towar).**
- **Typ U: budynki szpitalne (bloki operacyjne, sterylizatory, apteki i laboratoria, gdzie znajduje się powyżej 10 l łatwo palnych cieczy).**
- **Typ X: kryte obiekty sportowe (pomieszczenia, gdzie znajdują się instalacje chłodnicze).**

Niektóre pomieszczenia w budynkach użyteczności publicznej: magazyny materiałów, archiwa, magazyny filmów i elementów magnetycznych, pralnie, duże kuchnie (o całkowitej mocy >20 kW).

Tak jak w przypadku budynków przemysłowych klasyfikacja odbywa się w zależności od różnych działalności dodatkowych i nie zawsze zależy od głównej działalności.

Główne zasady stosowania sprzętu elektrycznego w pomieszczeniach BE2

Urządzenia zamontowane na stałe lub przenośne i stałe oraz przenośne systemy zasilania powinny być ograniczone do niezbędnego minimum. Obwody zasilania muszą być zabezpieczone od strony zasilania przez wyłączniki różnicowoprądowe o czułości 300 mA, ale nie jest wymagane zabezpieczenie poszczególnych obwodów. Można grupować obwody, jeśli nie jest konieczna selektywność różnicowoprądowa. Przepusty przegród nie mogą zmniejszać wydajności przerywaczy ognia. Kable muszą mieć powłokę izolacyjną zewnętrzną PCV (V) z polietylenu usieciowanego (N) lub mieć klasę CR1 (odporne na ogień); patrz str. 494.
Urządzenia, aparaty i oświetlenie powinny być dobrane tak, aby nie były potencjalnym źródłem ognia (przez ogrzanie powierzchni lub iskrę), a ich stopień ochrony musi wynosić minimum IP4X lub IP5X, jeśli pomieszczenia są zapylone.

Przepusty dla innych obwodów do pomieszczeń BE2

Stosuje się te same zasady, które opisano powyżej, a oprócz tego obwody muszą być zabezpieczone przed przeciążeniem i zwarciem. Obwody nie mogą być rozdzielane w pomieszczeniach BE2, chyba że jest to wykonywane w obudowach IP4X (lub IP5X), które przeszły pozytywnie próbę palności przy temperaturze 960°C.
Urządzenia nie wykorzystywane do eksploatacji muszą być oddzielone przez osłony przeciwogniowe 1-godzinne.

< Ochrona przed kurzem (IP44-IP55) w gniazdach przemysłowych Hypra to dobre rozwiązanie w przypadku instalacji zagrożonych pożarem.

We wszystkich budynkach o podwyższonym zagrożeniu pożarem (BE2) obowiązkowe jest wykonanie stałej instalacji oświetlenia awaryjnego. Oprócz tego przewody i kable prowadzone w tych budynkach muszą być odporne na ogień i prowadzone dodatkowo w systemie listew, które zabezpieczają przeciwogniowo przez 1 godzinę.

4 POMIESZCZENIA ZAGROŻONE WYBUCHEM (BE3)

W pomieszczeniach zagrożonych wybuchem stosuje się zasady takie same jak w pomieszczeniach BE2, ale ogranicza się znacznie rozmiary samej instalacji oraz urządzeń. Stosuje się specjalne urządzenia stref zagrożonych wybuchem. Kompletna klasyfikacja pomieszczeń zagrożonych wybuchem nie jest możliwa do wykonania. Rzeczoznawca kwalifikuje, czy dane pomieszczenia w budynku (magazyny, produkcja itd.) podlegają zagrożeniu wybuchem. Przykładowo w szpitalach, które nie są klasyfikowane jako zagrożone wybuchem, blok operacyjny jest zaliczany do klasy BE3. W takich pomieszczeniach oraz w pomieszczeniach do nich przylegających należy zastosować wszystkie niezbędne środki ostrożności, a skutki ewentualnego wybuchu należy rozpatrywać w stosunku do całego budynku. Do procedur stosowanych w pomieszczeniach BE2 należy dodać również podane poniżej wymogi:
- systemy prowadzenia instalacji, przewody i kable nie mogą być źródłem zapalnym, muszą być zabezpieczone przed uderzeniem mechanicznym, przed działaniem środków chemicznych i przed wszelkimi uszkodzeniami pochodzącymi z zewnątrz,
- przewody i kable muszą być zatopione w materiale niepalnym (np. gips lub beton) albo muszą być wykonane z materiału, który nie rozprzestrzenia ognia,
- każdy obwód musi być zabezpieczony przed przeciążeniem; dopuszczalny prąd musi być obniżony o około 15%,
- urządzenia dla stref zagrożonych wybuchem są dobierane ze względu na stopień ryzyka zagrożenia wybuchem (1: częsty, 2: średni, 3: słaby) patrz str. 88,
- jeśli ryzyko zagrożenia wybuchem jest związane z obecnością albo koncentracją włókien lub pyłu (albo poza podaną wyżej klasyfikacją) pomieszczenia muszą posiadać stopień ochrony IP5X lub IP6X w zależności od stopnia zagrożenia.

Lista obiektów klasyfikowanych jako zagrożone wybuchem BE3

Pomieszczenia z rozprężonym gazem
Parkingi zadaszone >100 m²
Pomieszczenia do ładowania akumulatorów
Silosy zbożowe
Produkcja akumulatorów
Produkcja i magazyny kwasów
Produkcja i magazyny alkoholi
Produkcja i magazyny aluminium
Tartaki, stolarnie
Produkcja i magazyny chloru
Produkcja i magazyny perfum
Grawernie, zakłady wykonujące chromowanie powierzchni
Zakłady galwaniczne
Produkcja form do przetwórstwa tworzyw
Produkcja i magazyny farb
Produkcja i magazyny chemikaliów (halogenu)
Produkcja i magazyny nawozów sztucznych
Cukrownie, rafinerie, silosy cukrowe
Farbiarnie
Rafinerie ropy naftowej
Składy olejów opałowych
Produkcja klejów
Produkcja i magazyny materiałów wybuchowych
Produkcja kauczuku, amunicji i sztucznych ogni
Produkcja i magazyny gazów
Produkcja i składowanie magnezu

Zagrożenie pożarowe (ciąg dalszy)

^ Silosy to duże zagrożenie wybuchowe.

^ Niektóre pomieszczenia w oczyszczalniach ścieków są klasyfikowane jako zagrożone wybuchem.

Szczególne konstrukcje oraz miejsca

Instalacje elektryczne w niektórych budowlach lub miejscach w strefach zagrożonych wybuchem podlegają szczególnym przepisom. Podlegają im m.in.:
- konstrukcje łatwopalne,
- konstrukcje giętkie i niestabilne,
- dystrybutory paliw, stacje benzynowe,
- parkingi.

Należy zapoznać się z tymi przepisami, które określają m.in. bezpieczne odległości między instalacjami i niebezpiecznymi strefami, wymogi dotyczące rodzaju materiału (odporność na ogień, temperaturę) i odporność mechaniczną (np. IK10 do głębokości 1,50 m poniżej powierzchni ziemi na parkingach stacjonarnych).

Oświetlenie awaryjne w pomieszczeniach BE3

Zamontowane urządzenia powinny spełniać wymagania dla urządzeń przeznaczonych dla stref zagrożonych wybuchem. Autonomiczne bloki oświetlenia awaryjnego i źródła światła powinny mieć odpowiednie dopuszczenia i posiadać znak „Ex".
Uwaga: W przypadku zastosowania oświetlenia awaryjnego, które działa po odcięciu zasilania, należy uwzględnić szczególne środki ostrożności, np. muszą być wykonane podłączenia do specjalnych gniazd „Ex", które uszczelniają wszystkie przewody, należy również stosować specjalne, certyfikowane źródła światła, które mają wbudowane wyłączniki i odcinają zasilanie, gdy się je otwiera (np. podczas przeglądu).

5 MONITORING INSTALACJI BEZPIECZEŃSTWA

Książka instalacji bezpieczeństwa

Prowadzenie książki instalacji bezpieczeństwa jest wymagane przez Prawo Budowlane. Książka taka musi być obowiązkowo prowadzona w budynkach użyteczności publicznej. Zawiera ona m.in.:
- listę osób upoważnionych do nadzoru technicznego nad instalacją przeciwpożarową,
- ogólny regulamin postępowania na wypadek pożaru,
- daty przeglądów, wykonywane przez poszczególne, upoważnione organy (komisję bezpieczeństwa, straż pożarną, zakład energetyczny),
- rodzaje i daty napraw, nazwy firm, nazwiska projektantów.

Dołączona do książki dokumentacja musi zawierać: wszystkie instrukcje użytkowania zamontowanych urządzeń, raporty, protokoły okresowych przeglądów i daty ich wykonania. W przypadku alarmów przeciwpożarowych aktualne certyfikaty gwarancyjne, daty wymiany czujników i umowę serwisowania instalacji.

W przypadku wykonywania instalacji przy użyciu urządzeń produkcji Legrand należy skontaktować się z naszym biurem regionalnym.

Dokumentacja serwisowania

Prawo Budowlane nakłada obowiązek na kierownika placówki do prowadzenia dokumentacji serwisowania urządzeń. Taka dokumentacja ułatwia sprawdzanie i właściwe utrzymanie instalacji oraz powinna zawierać:
- opis instalacji (schemat),
- regulamin przeglądów instalacji,
- opis zastosowanych środków ochrony przeciwpożarowej.

Dokumentacja poświadczająca wykonywanie okresowych (obowiązkowych przeglądów) musi być prowadzona nie tylko w budynkach użyteczności publicznej, ale zaleca się prowadzenie jej również w zakładach pracy.

Częstotliwość wykonywania przeglądów

Częstotliwość wykonywania przeglądów zależy od rodzaju budynku. Zwykle w przypadku budynków o podwyższonym zagrożeniu lub takich, które mieszczą >700 osób, przeglądy instalacji awaryjnych należy wykonywać raz do roku. W niektórych przypadkach rzadziej, np. w pomieszczeniach o mniejszym zagrożeniu.

Dokładne wykonywanie przeglądów i napraw oraz prowadzenie dokumentacji jest sprawą priorytetową, szczególnie w zakresie instalacji bezpieczeństwa. Brak pisemnego potwierdzenia przeglądu jest czynnikiem obciążającym przy ewentualnych poszukiwaniach osób odpowiedzialnych za stan instalacji. Bezpieczeństwo nie jest stanem, który można osiągnąć raz na zawsze. Bezpieczeństwo tworzy się i utrzymuje z dnia na dzień.

Firmy ubezpieczeniowe wymagają coraz częściej, aby wszystkie instalacje elektryczne (obwody i urządzenia) były sprawdzane co najmniej raz w roku przez upoważniony, niezależny organ kontroli. Protokół z takiego przeglądu jest następnie przekazywany do firmy ubezpieczeniowej.

Zagrożenie pożarowe (ciąg dalszy)

ŚRODKI OSTROŻNOŚCI NA WYPADEK POŻARU

Scenariusze powstawania pożarów są znane: niepoprawne użytkowanie, brak kontroli i napraw oraz inne przyczyny zewnętrzne. Źródłem pożaru mogą być urządzenia odbiorcze (np. grzejniki, silniki, oświetlenie, maszyny) lub stałe elementy instalacji.
To drugie źródło pożaru jest zwykle słabo nadzorowane albo w ogóle. Dodatkowo zazwyczaj jest ono schowane i niedostępne. Odkurzacz, który dymi, można szybko zauważyć i wyłączyć go, ale nie dzieje się tak w przypadku zasłoniętej rozdzielnicy lub przewodów w suficie podwieszanym.
Rozmiary szkód zależą w dużej mierze od tego, co otacza urządzenie w momencie powstawania pożaru, jak również od ilości i rodzaju tego co znajduje się wokół oraz od sposobów: detekcji pożaru, gaszenia, alarmowania o powstaniu pożaru, a także od warunków ewakuacji.

Ważne jest ograniczanie ryzyka powstania pożaru u jego potencjalnego źródła, ale istotnym jest również ograniczanie konsekwencji pożaru w jego bliskim otoczeniu.

1 WARUNKI DZIAŁANIA URZĄDZEŃ

Otoczenie, mikrootoczenie, temperatura otoczenia

Podstawową sprawą jest, aby urządzenia działały w odpowiednich warunkach. Temperatura jest przyczyną starzenia się materiałów, a tym samym izolacji, przewodów, styków i podłączeń. Urządzenia przeznaczone do użytku domowego są przeznaczone do pracy w temperaturze otoczenia 30°C; w przypadku urządzeń przesyłowych jest to 40°C. Oznacza to, że po przekroczeniu tej temperatury zwiększa się ryzyko awarii a w związku z tym – ryzyko pożaru.

Temperatura otoczenia

Należy uwzględnić temperaturę pomieszczenia, ale również należy brać pod uwagę mikroklimat, który tworzą zamknięte przestrzenie, takie jak szafy, puszki, prowadzenie instalacji, osłony, kanały kablowe, sufity podwieszane oraz jaki jest wpływ takich źródeł ciepła, jak grzejniki, maszyny, rury. Należy brać przede wszystkim pod uwagę temperaturę otoczenia tych zamkniętych przestrzeni, w których znajdują się urządzenia.

Prowadzenie instalacji, aparaty, obudowy

Rozmiary listew lub rur powinny być dobierane zgodnie z wymaganiami normy (patrz str. 264 i następne). Należy stosować współczynniki redukcji wynikające ze sposobu ułożenia kabli, grupowania przewodów, temperatury otoczenia. Rodzaj izolacji powinien być dobrany do warunków otoczenia (jak temperatura) oraz inne czynniki, np. mechaniczne albo chemiczne (patrz str. 490).
Aparaty powinno się stosować zgodnie z ich przeznaczeniem, muszą spełniać wymagane normy i być instalowane w warunkach zgodnych z instrukcją producenta (np. pozycja montażu, odpowiednie zabezpieczenie itd.).
Aparaty zabezpieczające (wkładki bezpiecznikowe, wyłączniki), elementy łączeniowe (zaciski) i aparaty łączeniowe (przełączniki, styczniki) mają swoje charakterystyki pracy zależne od temperatury otoczenia. Charakterystyki te podają producenci urządzeń.
Obudowy muszą mieć odpowiednią wielkość w stosunku do zainstalowanej w nich mocy i ilości urządzeń; temperatura pracy zależy w dużej mierze od pojemności cieplnej obudów (patrz str. 218). Pomieszczenia techniczne, gdzie znajdują się duże źródła ciepła (transformatory, duże rozdzielnie), muszą być dokładnie wentylowane, a nawet ochładzane lub klimatyzowane, jeśli istnieje ryzyko przekroczenia maksymalnej temperatury pracy urządzeń. Dotyczy to również szaf, osłon technicznych i zamkniętych przestrzeni.
Uwaga: Wentylacja pomieszczeń elektrycznych nie może wpływać na wydajność przerywaczy ognia. Jeśli stwierdza się taki wpływ, należy wówczas zastosować zawory w przerywaczach.

Wilgoć, czynniki chemiczne, korozja

Wilgoć może wywołać szkody mechaniczne, chemiczne i elektryczne. Dotyczy to zarówno materiałów izolacyjnych, jaki i metali w przewodach. Wilgoć może wywołać zmiany wymiarów, zmiękczenie, wzrost kruchości, sprzyjać powstawaniu korozji, rozwojowi flory, a z elektrycznego punktu widzenia doprowadzić do zmniejszenia rezystancji izolacji powierzchniowej (kondensacja, absorpcja) lub rezystancji izolacji poprzecznej (absorpcja, dyfuzja).
Zjawiska te w fazie granicznej lub połączone z zanieczyszczeniem albo osadem mogą doprowadzić do przebicia izolacji dielektrycznej, spowodować zwarcie i powstanie łuku elektrycznego oraz jego konsekwencji. Zmiany mogą rozwijać się też powoli i niepostrzeżenie, powodując powstawanie prądu uszkodzeniowego (mówi się wtedy o prądach upływowych), krążącego i ogrzewającego miejscowo materiał izolacyjny, który stopniowo ulega zniszczeniu, uwalnia gaz „destylacyjny" i może spowodować zapalenie się instalacji.

Sprawdzenie stanu izolacji instalacji (patrz str. 73 i 519) oraz dobór zabezpieczeń przez zastosowanie wyłączników różnicowoprądowych o średniej czułości (300 mA) lub o wysokiej czułości (30 mA) umożliwia wykrycie prądów uszkodzeniowych płynących między elementami czynnymi i masą (ale nie pomiędzy dwoma elementami czynnymi) oraz zapobiega powstawaniu pożaru.

Zagrożenie pożarowe (ciąg dalszy)

Wilgoć przyczynia się do powstawania korozji metali, elementów przewodzących i połączeń. Zniszczenia mają charakter fizyczny, mechaniczny, ale też elektryczny – rezystancje styków mogą wzrosnąć na tyle, że spowodują niedopuszczalny stopień przegrzania. W związku z tym, najlepszym sposobem zapobiegawczym jest stosowanie badań termograficznych na podczerwień, które wykrywają „punkty grzania" w instalacji elektrycznej.

Wentylacja pomieszczeń ruchu elektrycznego. >

Tendencja do ograniczania przestrzeni w rozdzielnicy powoduje ograniczenie działania urządzeń elektrycznych, co z kolei wpływa na podniesienie temperatury w ich mikrootoczeniu i pogarsza warunki działania. Aby obniżyć temperaturę i uniknąć szkodliwego wpływu wilgoci na aparaty i instalację, konieczna jest właściwa wentylacja. Jeśli okaże się to konieczne, należy zastosować dodatkowe urządzenia np. wentylatory, klimatyzatory, wywiewy. Ważne jest, aby urządzenia wentylacyjne były nadzorowane i podlegały również okresowym przeglądom.

Wilgoć wpływa na materiał i powoduje:
- kondensację, czyli skraplanie pary wodnej na powierzchni, której temperatura jest niższa od punktu rosy, woda przechodzi wówczas ze stanu gazowego w stan ciekły (patrz str. 168),
- absorpcję, która charakteryzuje się pochłanianiem molekuł wody przez materiał. Proces ten jest zwykle przyspieszany przez temperaturę, odbywa się w sposób ciągły, aż do osiągnięcia stabilizacji,
- adsorpcję, która oznacza zjawisko przylegania molekuł pary wodnej na powierzchni, której temperatura jest wyższa od punktu rosy. Jest związana z rodzajem i stanem samej powierzchni,
- dyfuzję (przenikanie) wody w strukturę materiału,
- przepływ, który w skali makroskopijnej oznacza przejście molekuł wody przez szczeliny, porowatą powierzchnię i pęknięcia. Głównym źródłem tego zjawiska jest kondensacja.

2 ELEKTRYCZNE PRZYCZYNY AWARII

Zły stan styków

Zły stan styków może być związany z kilkoma czynnikami: z korozją, z przenoszeniem materiału, starzeniem się materiału oraz poluzowaniem. W praktyce współdziałanie tych różnych czynników jest często przyczyną złego stanu styków. Wówczas w najlepszym wypadku ciągłość obwodu elektrycznego może zostać przerwana, a w najgorszym – zwiększy się powoli stopień nagrzania, izolacja zacznie się palić i ogień rozprzestrzeni się na sąsiednie elementy, powodując pożar. Aby niedopuścić do takich sytuacji, należy regularnie wykonywać przeglądy w rozdzielniach oraz stosować takie metody jak termografię, dokręcanie zacisków, wymianę części. Nie jest to łatwe do wykonania w instalacjach stałych, które są w dużej mierze schowane. Dlatego przewody i kable ułożone w ścianach, sufitach, podłogach i innych niedostępnych miejscach nie mogą mieć żadnych miejsc połączeń i miejsc rozdziału. Dopuszczalne są tylko połączenia kabli w ziemi (przy zastosowaniu muf) oraz połączenia w podłogowych lub sufitowych systemach ogrzewania. Niezawodność połączeń ma ścisły związek z odpowiednim doborem przekrojów, rodzajem kabli i dopuszczalnymi prądami oraz z poprawnym ich ułożeniem. Istotne jest stosowanie odpowiednich sił docisku. Zapobieganie polega też na wykonywaniu badań termograficznych na podczerwień, co ogranicza ewentualną interwencję tylko do tych połączeń, gdzie zostanie wykryta podwyższona temperatura.

Zły stan styków jest najczęstszym powodem pożaru związanego z instalacją elektryczną. Powstawanie takiego pożaru może trwać długo i niezauważenie.

Zalecane siły docisku umożliwiają optymalne łączenie. Zaleca się wykonywanie systematycznego oznakowania, aby łatwo było zauważyć ewentualne poluzowanie i natychmiast je poprawić. Zbyt duża siła docisku połączeń, podobnie jak częste ich dociskanie, może spowodować miażdżenie przewodów, zmniejszanie ich przekrojów, przecięcie żył i w końcu przerwanie.
Wielokrotne i powtarzające się dociskanie może spowodować zjawisko płynięcia materiału, które spowodowane jest przekroczeniem granicy elastyczności materiałów i zmniejszeniem docisku stykowego.

Zagrożenie pożarowe (ciąg dalszy)

Przeciążenie przewodów

Przeciążenie przewodów objawia się ich przegrzaniem, a tym samym powstaje ryzyko uszkodzenia lub nawet stopienia izolacji i powstania zwarcia w wyniku czego może dojść do zapalenia instalacji. Urządzenia zabezpieczające powinny być tak dobierane, aby nie dopuszczały do przekroczenia dopuszczalnego prądu I_z zabezpieczanej instalacji. Uwaga: Zabezpieczenie wkładką topikową powoduje zmniejszenie wartości I_z (patrz str. 266). Nastawy I_r (xI_n) na wyłącznikach muszą być ustawione w zależności od dopuszczalnego natężenia. Jeśli nie można ich zaplombować, zaleca się dobranie rozmiarów instalacji do maksymalnej, możliwej nastawy (która odpowiada natężeniu nominalnemu aparatu). Należy również uważać na nastawę bieguna neutralnego (pozycja N/2), gdy zabezpieczenie bieguna neutralnego jest zmniejszone do $I_r/2$. Kiedy występuje brak zabezpieczenia przed przeciążeniem (ciągłość działania), instalacja powinna być zwymiarowana dla maksymalnego, dopuszczalnego prądu obciążeniowego (zablokowany wirnik silnika, długi czas rozruchu). Jeśli niektóre obwody odbiorników nie zostały zabezpieczone przed przeciążeniem, należy je oznaczyć. Łączenie przewodów równolegle może spowodować nierówne rozłożenie prądów i przeciążenie niektórych przewodów.
Po realizacji takich połączeń zaleca się wykonanie pomiaru rozpływu prądu za pomocą amperomierza cęgowego. Można wykorzystać również termografię na podczerwień. Metoda ta ogranicza działania interwencyjne i przy jej zastosowaniu można łatwo ustalić, które podłączenia lub przewody mają zbyt wysoką temperaturę.

Przegrzanie przewodów jest związane z efektem Joule'a. Rośnie razem z kwadratem natężenia: $P= R \times I^2 \times t$.
Na przykład przeciążenie o 20%, które uznaje się za górną graniczną wartość, powoduje podniesienie temperatury o 45%.

Przy użyciu kamery na podczerwień można przeprowadzić szybką wizualizacje termiczną bez konieczności instalowania sond i w sposób bezkontaktowy. Jest to szybkie narzędzie diagnostyczne do wyszukiwania usterek.
Uwaga: Pewność wyniku zależy od jakości pomiaru, który jest zależny od odpowiedniego, wcześniejszego przygotowania badanej instalacji (należy zdemontować ekrany, utrzymać normalne warunki termiczne) oraz od jakości analizy wyników (wartości, które się wyświetla, zależą do zdolności emisyjnych powierzchni). Dlatego też istotne jest robienie zdjęć termograficznych okresowo, aby mieć pogląd na rozkład przebiegu temperatury w czasie i jej wahania.

Termografia na podczerwień

Wizualizacja temperatury podłączeń wyłącznika DMX przy prądzie 3200 A.

Termografia na podczerwień wykrywa przegrzanie cewek transformatora spowodowane niesymetrycznymi obciążeniami.

Zdjęcia umożliwiają szybkie rozpoznanie sprawdzanego miejsca lub urządzenia. Widzimy tutaj, że należy zwiększyć rozstaw pomiędzy szynami elastycznymi.

Przy użyciu podczerwieni nie można sprawdzić temperatur okablowania i podłączeń bez wcześniejszego zdemontowania osłon. Metoda ta umożliwia szybkie wykrycie uszkodzonego lub przeciążonego aparatu.

Zagrożenie pożarowe (ciąg dalszy)

Przegrzanie przewodu neutralnego

W związku z ryzykiem przegrzania przewodu neutralnego na skutek działania prądów harmonicznych (zwłaszcza 3 i jej wielokrotności), zaleca się wykonywanie pomiarów harmonicznych, gdy podejrzewa się ich obecność (obciążenia nieliniowe – patrz str. 29).

< Pomiar harmonicznych jest łatwy do wykonania przy użyciu ogólnie dostępnych przyrządów. Nie trzeba niczego demontować ani wyłączać. Każdy obwód można testować oddzielnie. Każda harmoniczna jest przedstawiana jako wartość skuteczna (w A) lub jako wartość względna (w %).

Przerwanie przewodu neutralnego to poważne, pośrednie zagrożenie pożarowe z powodu konsekwencji, które mogą zaistnieć w miejscu podłączenia odbiorników. Odbiorniki będą zasilane o wiele wyższym napięciem.

Przekrój przewodu neutralnego

Jeśli poziom 3 harmonicznej i jej wielokrotności w prądzie mieści się między 15 a 33%, nie można zmniejszyć przekroju przewodu neutralnego. Natomiast zwiększenie przekroju jest nawet konieczne, gdy poziom harmonicznych przekroczy 33%.

Zwarcia

Zasady zabezpieczenia instalacji przed zwarciami są opisane na str. 284. Na poziomie instalacji należy upewnić się czy:
- w warunkach maksymalnego zwarcia wartości energii termicznych ograniczone przez zabezpieczenia, są we wszystkich przypadkach mniejsze od wartości dopuszczalnych dla przewodów,
- najmniejsze wartości zwarć na końcu linii powodują działanie zabezpieczeń w odpowiednim czasie z dopuszczalną obciążalnością przewodów.

Na poziomie zestawów i tablic rozdzielczych zabezpieczenie przed zwarciami zależy oczywiście od aparatów zabezpieczających, ale też od okablowania, od ułożenia aparatów, od solidności montażu, od izolacji i od zachowania odpowiednich odległości podczas montażu.

Zwarcia pojawiające się wewnątrz rozdzielni w sposób nagły, nieprzewidziany i niebezpieczny powodują zwykle duże szkody najczęściej spowodowane podwyższeniem mocy w głównej części instalacji (I_{cc} spodziewany). Zagęszczenie urządzeń i elementów pod napięciem sprzyja powstawaniu zwarć przez: wyrwany kabel, styk z masą, topienie się izolacji, skręcone szyny zasilające, wędrujące łuki elektryczne, efekty wydmuchu.

Działanie pioruna i przepięcia

Piorun jest przyczyną powstawania przepięć i prądów wyładowczych. Uderzenie pioruna może spowodować wiele zniszczeń, między innymi przebicie izolacji i powstanie zwarć, które pociągają za sobą zgrzewanie przewodów. Uszkodzenia, które powoduje uderzenie pioruna, rzadko mają charakter łagodny. Nawet jeśli zabezpieczanie instalacji mało narażonych na wyładowania atmosferyczne nie jest obowiązkowe, to zaleca się zastosowanie ochronnika w rozdzielnicy głównej. Oprócz wykonania instalacji odgromowej, istotne są dobrej jakości połączenia wyrównawcze, połączenia mas i dopasowany do budynku (tzn. do powierzchni fundamentów) odpowiedni system uziemienia.
Jest to sprawa podstawowa, aby ograniczyć zakłócenia i poziom przepięć. Sposoby wykonywania połączeń mas zostały opisane na str. 145, a zasady dotyczące tablic i zestawów rozdzielczych – na str. 154.

Doprowadzenie kabli do obudów

Wloty kabli do szaf rozdzielczych tworzą przejście, które ułatwia dostanie się ognia do rozdzielnicy (tzw. ogień zewnętrzny), lub rozprzestrzenienie ognia w jej pobliżu (ogień wewnętrzny). Ponieważ dolna część rozdzielnicy jest zwykle mniej narażona na ogień zewnętrzny, zaleca się doprowadzenie kabli do rozdzielnic od dołu, co ogranicza rozprzestrzenianie się ognia wewnętrznego. Jeśli konieczne są doprowadzenia kabli z góry, to wejścia kabli muszą być uszczelnione przez dławiki lub inne zabezpieczenia (np. można zastosować płytę przepustów kablowych Cabstop z oferty Legrand). Środki ostrożności należy wzmocnić, jeśli w obudowie będą zarówno górne, jak i dolne podejścia kabli.

3 ZALECANE ŚRODKI OSTROŻNOŚCI DOTYCZĄCE KONSTRUKCJI I OKABLOWANIA

Kable rzadko są źródłem pożaru. Aby mogły spowodować pożar, musiałyby być przeciążone do tego stopnia, że doszłoby do stopienia izolacji i zapalenia się znajdujących się w pobliżu materiałów, lub też musiałoby dojść do zwarcia spowodowanego uszkodzeniem mechanicznym.

Natomiast nawet jeśli zostały zachowane odpowiednie środki ostrożności, kable i prowadzenie instalacji biorą spory udział w rozprzestrzenianiu się ognia. Kanały kablowe, przechodząc przez pomieszczenia, sufity, osłony techniczne, przegrody, powodują dopływ powietrza oraz tworzą potencjalne kanały dla gazów i dymu, a ułożone w nich kable są źródłem energii, którą może wywołać powstanie łuku elektrycznego i zwarć wtórnych, co przyczynia się do rozprzestrzenienia ognia.

Sposoby doprowadzania kabli do obudów

Sposoby najlepsze → Sposoby mniej zalecane

Zagrożenie pożarowe (ciąg dalszy)

Prowadzenie i układanie kabli

Ułożenie i pogrupowanie kabli odgrywa istotną rolę przy ewentualnym powstawaniu pożaru. Kable muszą być poprawnie ułożone. Konieczne jest, jeśli to możliwe, ograniczenie przestrzeni między nimi. Zapobiega to powstawaniu efektu „wiązki", który sprzyja powstawaniu pożaru. Zwoje ściśle ułożone i zwarte trudniej się palą, ale ich rozproszenie termiczne jest gorsze, co może prowadzić do obniżenia wartości prądu dopuszczalnego.
Ogólnie rzecz biorąc, należy unikać takiego ułożenia, które tworzy naturalne „kominy". Zasadę tę należy stosować zarówno między samymi przewodami, jak i między zgrupowanymi warstwami przewodów, a także między przewodami a ścianami i sufitami.

Sposoby układania kabli

Sposoby najlepsze → Sposoby mniej zalecane

Rozłożenie poziome wiązek kabli

W przypadku pożaru wiązki kabli ułożone pod sufitem znajdują się w najcieplejszej warstwie powietrza. Zaleca się zachowanie minimalnej odległości d > 2L między wiązkami i sufitem oraz między dwiema wiązkami przewodów.

Rozłożenie pionowe wiązek kabli

Sposoby najlepsze → Sposoby mniej zalecane

Układanie wiązek równolegle do ściany daje efekt komina. Nie zaleca się takiego rozwiązania, jeśli odległość d nie jest co najmniej równa długości L. Ułożenie prostopadłe jest w tym przypadku najlepsze.

Reakcja pionowych wiązek kabli na ogień

Sprawdzanie odporności na ogień wiązek kabli wykonuje się zgodnie z wymaganiami normy IEC 60332-3 w komorze testowej o wysokości 4 m. Kable mocuje się na pionowej drabinie. Stopień odporności w zależności od objętości substancji organicznej opisują trzy kategorie: A, B, C. Ogień z palnika przykłada się w dolnej części komory przez 30 min. W tym czasie wysokość spalonych kabli nie powinna przekroczyć górnej granicy 0,4 m mierząc od górnego końca wiązki. Kiedy istnieje duże ryzyko rozprzestrzeniania się pożaru (długie odcinki pionowe, wieże), zaleca się stosowanie kabli kategorii C1, które nie rozprzestrzeniają ognia.

Układanie przewodów i kabli

Kanały kablowe nie mogą być narażone na szkodliwe działanie temperatury pochodzącej ze źródeł ciepła, które znajdują się w bliskiej odległości (przewody wentylacyjne, kanalizacja wodna). Należy stosować ekrany lub izolację cieplną, jeśli okaże się to konieczne.

Ułożenie wiązek przewodów w stosunku do innych kanałów

Należy zachować odpowiednie odległości, aby można było wykonywać ewentualne naprawy lub demontaż. Zabronione jest układanie przewodów pod rurkami, które mają tendencję do nagrzewania się (kondensacji).

Kable bezhalogenowe

Większość stosowanych kabli posiada izolację w postaci powłoki PCV (U-1000 R2V, H07 VVH2-F, H07 V-U, itd.); patrz str. 490. Z powodu zawartości chloru przewody te są odporne na ogień oraz klasyfikowane jako C2 (nie rozprzestrzeniają ognia). Ich wadą jest to, że gdy dostaną się pod działanie ognia uwalniają chlorek wodoru, który skrapla się do postaci kwasu chlorowodorowego. Kwas ten ma właściwości drażniące i korozyjne, co uniemożliwia zastosowanie izolacji PCV w niektórych przypadkach (patrz str. 91).
Konieczność stosowania kabli o klasyfikacji C1 (o ulepszonej reakcji na ogień) w wiązkach kablowych oraz wyeliminowanie działania chloru doprowadziły do opracowania kabli zwanych bezhalogenowymi, których ognioodporne składniki zostały uzyskane na bazie trójhydratu aluminium lub dwuhydratu magnezu. Ten rodzaj kabli uwalnia bardzo mało dymu i składników powodujących korozję. Są to kable typu FR-N1X1X2, FR-N1X1G1, FR-N07X4X5-F i wszystkie przewody spełniające wymagania normy NFC 32-310.

Przejścia przewodów przez ściany

Kiedy kable i kanały kablowe przechodzą przez ściany, sufity i podłogi, które spełniają wymogi w zakresie przerywania ognia, konieczne jest, aby po wykonaniu otworów na te kanały nadal spełniały swoją funkcję. Należy więc wykonać odpowiednie zaślepienia otworów, używając odpowiednich środków, takich jak żywica odporna na działanie wysokich temperatur, gips, zaprawa czy włókno mineralne. Kable powinny być, jeśli to możliwe, zabezpieczone na długości 20 cm z każdej strony przepustu. Główna zasada polega na tym, aby kanały były zamknięte z obu stron. Można od tej zasady zrobić pewne odstępstwo, jeśli przekrój wewnętrzny nie przekracza 710 cm^2 i jeśli stopień ochrony kanałów wynosi co najmniej IP33 (również na końcach).

Nie należy stosować pianki uszczelniającej poliuretanowej, która nie jest odporna na ogień.

Separacja, zakładanie ekranów i zachowanie odległości

Nie ma dokładnych przepisów dotyczących tego zagadnienia. Zastosowanie tych metod opiera się na analizie konkretnego przypadku i na zdroworozsądkowych rozwiązaniach. Można np. oddzielić aparaty mocy i sterowanie w jednej rozdzielnicy przy użyciu wewnętrznych przegród. Elementy czułe na zakłócenia powinny być osłonięte przez ekrany lub zamknięte w odpowiednich obudowach. Powinno się stosować odpowiednie metalowe deflektory lub elementy murowane, które mogą zatrzymać ogień i dym przenikający przez sufit. Fizyczne zachowanie odległości, jeśli jest wystarczająco dużo miejsca, może dać dobre rezultaty w walce z rozprzestrzeniającym się ogniem. Jest to o tyle istotne, że samo promieniowanie termiczne pochodzące z pożaru może spowodować zapalenie się będących w pobliżu materiałów, zanim jeszcze pojawi się płomień.

Zagrożenie pożarowe (ciąg dalszy)

Przykłady dopuszczenia instalowania rozdzielnic XL³ w budynkach użyteczności publicznej

Jednym z wymagań jest zabezpieczenie przed tryskaniem żarzących się cząstek. Do tego celu stosuje się ognioodporne ekrany, które odgradzają ludzi od elementów znajdujących się pod napięciem. Rozdzielnice mogą być instalowane w pomieszczeniach technicznych lub innych pomieszczeniach niedostępnych dla osób niepowołanych. Natomiast jeśli są instalowane w pomieszczeniach ogólnodostępnych, muszą spełniać odpowiednie warunki.
• Przy mocy ≤100 kVA (≤145 A przy 400 V) cała gama obudów XL³ izolacyjnych i metalowych może być instalowana bez dodatkowych ograniczeń. Obudowy i urządzenia w nich zamontowane muszą przejść pozytywnie próbę palności rozżarzonym drutem w temperaturze 750°C.
• Przy mocy >100 kVA (>145 A przy 400 V) obudowy XL³ metalowe mogą być instalowana bez dodatkowych ograniczeń. Urządzenia w nich zamontowane muszą przejść pozytywnie próbę palności rozżarzonym drutem w temperaturze 750°C.

Izolacyjne szafki i szafy XL³ spełniają wymogi tego przepisu i łączą w sobie dwie koncepcje, które zalecają przepisy dotyczące budynków użyteczności publicznej.
Obudowy te mają metalowe wykończenie.

Więcej informacji znajduje się w zbiorze przepisów dotyczących budynków użyteczności publicznej.

Materiały z których są wykonane obudowy izolacyjne XL³ są odporne na ogień i zostały poddane próbie palności rozżarzonym drutem przy temperaturze 750°C. Wszystkie urządzenia produkcji Legrand przeznaczone do montażu w tych obudowach (aparaty modułowe, wyłączniki DPX, rozłączniki Vistop, bloki rozdzielcze, listwy zaciskowe, wsporniki szyn zasilających) zostały również poddane tej próbie i uzyskały wynik satysfakcjonujący.

4 WPŁYW MATERIAŁÓW NA ROZPRZESTRZENIANIE SIĘ OGNIA

Ogień należy jak najszybciej opanować. Do tego celu służą dwie strategie:
- detekcja, włączenie alarmu i ewentualnie uruchomienie automatycznych spryskiwaczy (gaśnic, pianek); patrz opis instalacji alarmowych na str. 95,
- ograniczenie i wyeliminowanie tych elementów, które ogień może „pochłonąć" i dobór takich, które przeszły testy reakcji na ogień (klasyfikacja M i euroklasy) lub które są odporne na ogień (klasyfikacja SF, PF, CF). Należy wiedzieć, że przepisy bezpieczeństwa przeciwpożarowego w budynkach użyteczności publicznej nie zaliczają instalacji elektrycznych do czynników zwiększających ryzyko pożaru (z wyjątkiem pomieszczeń, gdzie znajdują się zespoły prądotwórcze, baterie lub komory wysokiego napięcia).

W niektórych przypadkach (np. instalacje klasyfikowane) niektóre specyfikacje mogą określać minimalny poziom ochrony pomieszczeń elektrycznych. Pod naciskiem firm ubezpieczeniowych zostały dokonane liczne poprawki i zwiększono poziom bezpieczeństwa, który polega na: obowiązkowym systemie detekcji pożaru, konieczności stosowania przegród, magazynowaniu materiałów na zewnątrz, istnieniu automatycznego systemu zraszania. Dokładne kwestionariusze umożliwiają obliczenie składki ubezpieczeniowej w zależności od stopnia oszacowania ryzyka, na podstawie analizy użytych materiałów do wykonania podłóg, ścian i przegród, konstrukcji szkieletowej i dachu oraz zewnętrznych wykończeń.
Niektóre materiały lub elementy konstrukcji są z natury odporne na ogień. W przypadku materiałów bardziej złożonych (kompozyty, materiały wielowarstwowe, materiały syntetyczne) lub materiałów wykończeniowych (tkaniny, wykładziny, pokrycia, meble) należy zapoznać się z parametrami zadeklarowanymi przez producentów, którzy ze swej strony zobowiązani są do przedstawienia protokołu z oficjalnych, wykonanych w niezależnych laboratoriach testów. Lista materiałów przetestowanych w zakresie reakcji lub odporności na ogień jest regularnie publikowana.
Materiały i elementy konstrukcji oraz systemy i sposoby połączeń są publikowane np. we Francji przez CTBS (Budowlane Centrum Naukowe i Techniczne).

Nie należy mylić

- **Test reakcji na ogień (klasyfikacja M lub euroklasa) kwalifikuje udział materiału w powstawaniu i rozprzestrzenianiu ognia.**
- **Test odporności na ogień produktu (klasyfikacja SF, PF, CF) polega na mierzeniu czasu, podczas którego dany produkt zachowuje swoje funkcje: stabilność, właściwości tłumienia i przerywania ognia. Wyniki tych dwóch testów nie są ze sobą powiązane i czasem mogą wydawać się sprzeczne, np. żelazo jest klasyfikowane jako M0, ale nie wykazuje stabilności przy kontakcie z ogniem (SF < ¼ godz.), natomiast drewniana konstrukcja klasyfikowana jako M3 w drugim teście może uzyskać wynik SF = 2 godz.**

Klasyfikacja reakcji na ogień(1)

Materiały mineralne	Szkło, beton, cegła, gips, zaprawy cementowa i wapienna, kamień, dachówka, perlit, wyroby ceramiczne	M0 lub A1
	Płyta gipsowo-kartonowa	M1
Metale	Żelazo, żeliwo, aluminium, miedź, cynk	M0 lub A1
Materiały na bazie drewna	Drewno nieżywiczne grubości ≥14mm (żywiczne <18 mm)	M3
	Drewno nie żywiczne o grubości <14 mm (żywiczne <18 mm)	M4
	Płyty listwowe, cząstki, włókna ≥18 mm	M3
	Płyty listwowe, cząstki, włókna <18 mm	M4
	Parkiet drewniany klejony ≥6 mm	M3
	Parkiet drewniany klejony <6 mm	M4
Materiały syntetyczne	PCV sztywne	od M1 do M2
	PCV giętkie	od M2 do M4
	Poliolefiny (PP lub PE)	od M3 do M4
	ABS	od M2 do M4
	Teflon	M1
	Poliester	od M1 do M4
	Poliuretan (pianka nieodporna na ogień)	
	Poliuretan (pianka ognioodporna)	od M2 do M4
	Silikony	od M1 do M2

(1) Wartości ogólne dla niektórych materiałów zostały podane orientacyjnie

Patrz str. 93: Porównanie klasyfikacji M z nową klasyfikacją zgodną z normą EN 13501-1.

Zaleca się oszacowanie ryzyka rozprzestrzeniania pożaru pochodzenia elektrycznego na materiały i elementy, które znajdują się w pobliżu tablic rozdzielczych, kanałów i tras kablowych w pomieszczeniach technicznych lub elektrycznych.
Jeśli brak innych zaleceń, stosuje się w ww. miejscach materiały o klasyfikacji M3 – na podłodze, M2 – na ścianach i M1 – na suficie. Takie środki bezpieczeństwa stosuje się do ograniczenia ewentualnego rozprzestrzeniania się ognia, zablokowania warstw poziomych i przejść między poziomami. W tym też celu instaluje się detektory dymu w pomieszczeniu, gdzie znajduje się rozdzielnica główna, pod dachem i pod sufitami oraz w osłonach technicznych, gdzie występuje duże zagęszczenie kabli elektrycznych.

Klasyfikacja odporności na ogień(1)

Ścianki działowe z tynkowanej cegły o gr. 5 cm + 1 cm gipsu		CF 1 h
Ścianki działowe z cegły dziurawki o gr. 8 cm + 1 cm gipsu	PF 6 h	CF 1 h
Ścianki działowe z cegły dziurawki o gr. 12 cm + 1 cm gipsu	PF 6 h	CF 2 h
Ścianki działowe z cegły dziurawki o gr. 21 cm + 1 cm gipsu	PF 6 h	CF 4 h
Ścianki działowe z pełnej cegły o gr. 6 cm + 1 cm gipsu	PF 6 h	CF 1,5 h
Ścianki działowe z pełnej cegły o gr. 10 cm + 1 cm gipsu	PF 6 h	CF 3 h
Ścianki działowe betonowe o gr. 5 cm + 1 cm gipsu		CF 2 h
Ścianki działowe z cegły dziurawki o gr. 10 cm + 1 cm gipsu	PF 4 h	CF 1 h
Ścianki działowe z cegły dziurawki o gr. 20 cm bez tynku	PF 6 h	CF 6 h
Ścianki działowe z płyt gipsowych o gr. 5 cm łączone spoiwem	PF 2 h	CF 2 h
Ścianki działowe z płyt gipsowych o gr. 10 cm łączone spoiwem	PF 4 h	CF 4 h

(1) Wartości ogólne dla niektórych materiałów zostały podane orientacyjnie.

Zagrożenie pożarowe (ciąg dalszy)

Obliczanie obciążenia cieplnego

PCS – górna wartość opałowa
PCI – dolna wartość opałowa
Wydzielanie ciepła jest głównym skutkiem pożaru. Ogólnie rzecz biorąc, czas trwania pożaru i temperatura wzrastają proporcjonalnie do obciążenia cieplnego, którego wartość jest bezpośrednio związana z ilością oraz rodzajem spalanych materiałów.
Każdy z tych materiałów ma określoną wartość obciążenia ogniowego, którą wyraża się w MJ/kg. Przedstawia ona ilość wydzielonego ciepła przez całkowite spalanie jednostkowej masy tego materiału (który może być ciałem stałym, ciekłym lub gazowym).
Obciążenie ogniowe Q dla danego produktu jest równe m x PCS, jeśli produkt ten składa się z jednego rodzaju materiału (m – masa produktu w kg). Jest ono równe: $m_1 \times PCS_1 + m_2 \times PCS_2 + \ldots + m_n \times PCS_n$, jeśli produkt składa się kilku materiałów, a każdy z nich jest wtedy przyporządkowywany do masy i do swojego własnego PCS.

W zależności od tego, czy woda wydzielona podczas spalania uwalnia się w postaci pary, czy jest całkowicie skroplona, określa się wartość opałową dolną (PCI) i górną (PCS). Wartości PCS są ustalane na podstawie prób i zwykle używa się tych wartości, nawet jeśli przepisy uwzględniają PCI.

Całkowite obciążenie ogniowe Qt, które chcemy obliczyć (np. obciążenie ogniowe pomieszczenia, przęsła magazynu, zakładu lub innej narażonej strefy), oblicza się dodając wszystkie jednostkowe obciążenia dla wszystkich produktów i materiałów tam się znajdujących: $Qt = \sum Q$.
Całkowite obciążenie ogniowe może być ewentualnie zrównoważone przez powierzchnię przylegającego pomieszczenia do zmniejszenia obciążenia ogniowego wyrażonego w MJ/m^2.
Teoretycznie bierze się pod uwagę tylko te elementy, które mogą realnie uczestniczyć w spalaniu. Wobec tego elementy metalowe lub inne materiały, które nie zasilą ognia poniżej pewnej temperatury lub są całkowicie zabezpieczone, nie powinny być brane pod uwagę.
Obliczenie obciążenia ogniowego należy wykonywać w sposób rozsądny; nie ma sensu zliczanie małych produktów o słabej wartości opałowej, podczas gdy można łatwo ustalić główne i dominujące obciążenia.
W niektórych budynkach użyteczności publicznej, wieżowcach lub pomieszczeniach znajdujących się pod ziemią wybór stosowanych tam materiałów nie zależy jedynie od ich obciążenia cieplnego.

Przykładowe wartości PCS (górnej wartości opałowej)

Jeśli jest taka możliwość, należy sprawdzić te dane u producenta lub dostawcy danego materiału. Jeśli nie dysponujemy takimi danymi, poniższa tabela powinna dostarczyć wystarczających informacji.

Drewno	od 18 do 21 MJ/kg
PCV: polichlorek winylu	20 MJ/kg
PP: polipropylen	46 MJ/kg
PS: polistyren	41 MJ/kg
PA: poliamid	od 32 do 37 MJ/kg
PET: polietylen tereftalanu	33 MJ/kg
PBT: polibutylen tereftalanu	33 MJ/kg
PC: poliwęglan	29 MJ/kg
PC/ABS: poliwęglan/ABC	31 MJ/kg
ABS: akylonitryl dwuwinylu styrenu	36 MJ/kg
Neopren polichloroprenu	40 MJ/kg
PMMA: polimetakrylan metylu	25 MJ/kg
PU: poliester + włókno szklane	od 5 do 20 MJ/kg
Farba błyszcząca: 0,15 kg/m²	3,35 MJ/m²
Farba matowa: 0,65 kg/m²	3,35 MJ/m²
Pokrycie ścian	od 5 do 40 MJ/m²
Pokrycie podłogi	od 20 do 80 MJ/m²

Obliczanie obciążenia ogniowego może być obowiązkowe w niektórych zakładach przemysłowych zagrożonych wybuchem pożaru, w wieżowcach, w elektrowniach atomowych lub wymagane jest przez niektóre firmy ubezpieczeniowe.

Długa lub trudna droga ewakuacji w danym budynku może mieć wpływ na to, że materiały do wyposażenia są dobierane wg zaostrzonych kryteriów: nowe przepisy klasyfikujące materiały budowlane (euroklasy) idą w tym kierunku, aby istotnym kryterium danego materiału było wytwarzanie i gęstość ognia.
Wychodząc z głównego założenia, że wszystkie materiały organiczne (termoplastyczne, termoutwardzalne, elastomery, drewno i pochodne celulozy) palą się i wydzielają tlenek węgla (CO), który jest najczęstszą przyczyną zgonów podczas pożaru. Należy w pewnym momencie projektowania dokonać kompromisowego wyboru. W zależności od przyjętej strategii wybór ten będzie miał związek z różnymi fazami pożaru. Tak więc można walczyć z pożarem stosując materiały trudno palne (zawierające opóźniacze), ale takie materiały mogą być niebezpieczne, jeśli pożar trwa nadal. Są to:
- materiały zawierające chlor (PCV, Neopren) lub zawierające halogen (większość niepalnych plastików) są trudno palne, mniej lub bardziej samo gasnące, ale mogą wydzielać kwaśne i drażniące dymy o właściwościach narkotycznych,
- poliamidy, które mają podobne właściwości, mogą wytwarzać kwas cyjanohydrynowy w małych ilościach (powyżej temperatury 600°C HCN zmienia się w tlenek azotu – NO_x),
- styreny (ABS, PS) wydzielają duże ilości gęstego dymu,
- materiały zawierające siarkę (polieter sulfonianu, siarczek polifenylenu) rozpadają się na kwas siarkowy. Podobnie jest z pochodnymi fluoru (np. teflon), które rozkładają się na kwas fluorowy i opóźniacze organofosforowe rozkładające się na kwas fosforowy.
Do wymogów palności, wydzielania dymu, toksycznych lub korozyjnych wycieków należy dołączyć także kwestię wartości opałowej, a nawet kinetycznej wytwarzania energii oraz mechanicznej i konstrukcyjnej stabilności. Dokładne wzięcie pod uwagę tych licznych kryteriów może doprowadzić do braku praktycznego rozwiązania! Konieczna jest dokładna analiza, należy ustalić priorytety i zaakceptować kompromisowe rozwiązania. Każdy komponent, produkty i materiały, które go tworzą, powinny być przeanalizowane pod względem ryzyka wzniecania ognia (właściwości zapalnych), funkcji tego materiału, konieczności zachowania tych funkcji w przypadku pożaru (np. obwody awaryjne). Analizuje się właściwości rozprzestrzeniania ognia i łatwość spalania.
Wszystkie te ważne czynniki pozwolą na wykonanie dokładnego bilansu, nie należy jednak zapominać, że podstawowym priorytetem jest ochrona ludzkiego życia.

Obciążenie cieplne pożaru wzrasta, gdy do budynku zostają wstawione meble oraz wyposażenie, które nie były wcześniej brane pod uwagę przy obliczaniu bilansu początkowego. Ominięcie tych czynników jest o tyle istotne, że one same mogą być źródłem pożaru np. uszkodzony odbiornik elektryczny lub papieros zostawiony na tapicerce krzesła.

Budynki użyteczności publicznej – uwalnianie substancji podczas pożaru

Dla materiałów niezakwalifikowanych do grupy M0 lub M1 lub uznawanych za równoważne (patrz str. 93) ustalono maksymalne ilości wycieków kwasu cyjanohydrynowego (5 g) i kwasu chlorowodorowego (25 g), które mogą te materiały uwalniać na 1 m^3 pomieszczenia w przypadku powstania pożaru. Jeśli te wartości nie są znane, bierze się pod uwagę zawartość masy azotu (N) i masy chloru (Cl) w tych materiałach.

Uderzenie pioruna

Uderzenie pioruna może wyrządzić olbrzymie szkody. Jest to ryzyko, które należy koniecznie wziąć pod uwagę przy projektowaniu instalacji i doborze sprzętu elektrycznego. Aby oszacować to zagrożenie, konieczna jest dobra znajomość zjawisk naturalnych i ich skutków.

MECHANIZMY POWSTAWANIA PIORUNA

Mechanizmy powstawania pioruna są bardzo złożone, ale można powiedzieć w sposób uproszczony, że są to wyładowania elektryczne o dużej energii spowodowane dążeniem do wyrównania potencjału między chmurami lub między chmurami a ziemią. Prądy pioruna osiągają wartości od 10 do 100 kA przy czasie wzrostu wynoszącym kilka mikrosekund. W Polsce notuje się co roku około 700 tysięcy uderzeń pioruna. Powoduje to zaburzenie działania instalacji w setkach budynków, linii telefonicznych i elektrycznych, a ofiarami uderzeń pioruna są zwierzęta oraz ludzie.

Miejscowe ryzyko wystąpienia burzy określa się na podstawie poziomu wyładowań, czyli ilości dni w roku, gdzie miejscowo słychać było wyładowania atmosferyczne. Rejony górskie są bardziej narażone na działanie pioruna. W praktyce korzysta się z map burzowych danego regionu lub kraju. Są one przygotowywane na podstawie obserwacji prowadzonych przez około piętnaście lat i podają ilość uderzeń pioruna w roku na km^2.
Skutki uderzeń pioruna dzieli się na pośrednie i bezpośrednie.

Mapa burzowa Polski

Rodzaje uderzeń pioruna

Wyróżnia się cztery rodzaje uderzeń pioruna. Zależą one od kierunku uderzenia (opadający i wznoszący) i od biegunowości wyładowań (dodatni lub ujemny).

Opadający ujemny | Wznoszący ujemny | Opadający dodatni | Wznoszący dodatni

W naszym klimacie uderzenia ujemne i opadające występują najczęściej na nizinach. Prąd wyładowania waha się od kilkudziesięciu do kilkuset kA. „Prekursor" wytycza kanał przewodzący opadający z chmur na ziemię a wyładowanie ma miejsce „przy powrocie" z ziemi w kierunku chmur. Kiedy „prekursor" wznosi się, uderzenie pioruna ma charakter wznoszący. Uderzenia pioruna wznoszące i dodatnie są częstsze i bardziej gwałtowne w zimie (osiągają kilkaset kA). Wyładowanie następuje na naturalnym lub sztucznym elemencie wystającym nad ziemią.

Model elektryczny wyładowania atmosferycznego

Pierwsze wyładowanie („prekursor" – wyładowanie pilotujące) schodzi z chmur w kierunku ziemi w sposób losowy. Obok pojawia się „lider wznoszący", który powstaje w punkcie połączenia z ziemią (drzewo, budynek, piorunochron lub sama ziemia). Kiedy „prekursor" i „lider" się łączą, powstaje piorun, któremu towarzyszy emisja światła (błyskawica), grzmot i duże wyładowanie elektryczne.

Typowy przebieg wyładowania atmosferycznego – uderzenie pioruna opadające ujemne. Zwykle powstaje kilka kolejno następujących po sobie wyładowań w czasie od 0,5 do 1 s.

Uderzenie pioruna (ciąg dalszy)

SKUTKI UDERZENIA PIORUNA

Skutki uderzenia pioruna dzieli się na bezpośrednie i pośrednie.

Skutki bezpośrednie

Piorun powoduje w punkcie uderzenia następujące skutki:
- skutki termiczne bezpośrednie (topienie, pożar) spowodowane łukiem elektrycznym,
- skutki termiczne i elektrodynamiczne wzbudzone przez przepływający prąd,
- skutki deflagracji (fala uderzeniowa, podmuch) spowodowane przez ciepło i zmianę gęstości powietrza.

Zabezpieczenie przed bezpośrednimi skutkami uderzenia pioruna polega na przechwyceniu i odprowadzeniu prądu pioruna do ziemi (piorunochrony, iglice).

Skutki pośrednie

Skutki uderzenia pioruna mogą oddziaływać na instalację elektryczną z trzech stron:
- przez linie napowietrzne (energetyczne, telewizyjne, telefoniczne) wchodzące lub wychodzące z budynku ①,
- przez ziemię na skutek podwyższenia potencjału ziemi, przez masy oraz sieć uziemienia i przewody ochronne ②,
- przez indukowanie napięć na skutek promieniowania elektromagnetycznego (elementy metalowe budynku, sieci energetyczne i telekomunikacyjne) ③.

Skutki uderzenia pioruna mogą być odczuwalne poprzez efekt indukcji w promieniu ponad 10 km.

Pośrednie skutki uderzenia pioruna powodują uszkodzenia instalacji elektrycznych.

Uproszczone modele elektryczne przepięć spowodowanych uderzeniem pioruna

Przepięcia na wejściu linii elektrycznej

Uderzenie pioruna w linie elektryczne napowietrzne powoduje powstanie przepięć o wartości kilku tysięcy woltów na liniach wysokiego i niskiego napięcia.

Podniesienie potencjału ziemi

Uderzenie pioruna w ziemię powoduje podwyższenie potencjału ziemi, który może rozprzestrzenić się na instalację elektryczną.

Przepięcia wzbudzone w pętli

Uderzenie pioruna powoduje powstanie pola elektromagnetycznego o szerokim spektrum częstotliwości, które, oddziałując na obwody instalacji elektrycznej, powoduje przepływ prądów destrukcyjnych.

Promieniowanie pola elektromagnetycznego

Prąd wyładowczy pioruna, który dosięga instalację odgromową bezpośrednio lub przez przewodnik, generuje pole, którego natężenie elektryczne i magnetyczne osiągają znaczne wartości: kilku kV/m i kilkudziesięciu mikrotesli (μT). To promieniowanie odbierają wszystkie przewodniki tworzące rodzaj mniej lub bardziej dopasowanej anteny, gdzie wytwarzają się prądy indukcyjne. Oddziaływanie indukcji magnetycznej (pole H) jest największe w przewodach tworzących pętlę o dużej powierzchni (patrz str. 144).

Pole generowane przez prąd „i" (o wartości kilku kA), w instalacji odgromowej indukuje w pętli przewodów w budynku i generuje w nich napięcie U (o wartości kilku kV).

To zjawisko w formie złagodzonej powstaje przy uderzeniu oddalonym nawet o kilkaset metrów. Przykładowo prąd o wartości 10 kA pochodzący od pioruna uderzającego w odległości 100 m spowoduje powstanie przepięcia 600 V w pętli o powierzchni 30 m². Ten sam prąd spowoduje przepięcie powyżej 15 kV w instalacji położonej w odległości 3 m.

W pierwszym przypadku przepięcie zostanie wchłonięte i nie wyrządzi szkód, w drugim – spowoduje powstanie szkód.

Ten przykład ilustruje, że obecność odgromnika nie chroni, jeśli instalacja nie ma zainstalowanych ochronników.

Sprzężenie indukcyjne w pętli jednoprzewodowej:

$$U = M \times \frac{di}{dt}$$

M jest współczynnikiem, który określa sprzężenie w zależności od odległości L_1 i L_2 od powierzchni pętli i przenikalności magnetycznej środowiska. W praktyce zakłada się, że płaszczyzna pętli jest prostopadła do prądu „i" (więc $L_1 = L_2$) i ta odległość jest duża w stosunku do rozmiarów pętli.

Uderzenie pioruna (ciąg dalszy)

Przepięcia

Piorun, który uderza w instalację odgromową lub bezpośrednio w ziemię, powoduje miejscowe podwyższenie potencjału ziemi. Potencjał rozprzestrzenia się na sąsiadujące instalacje przez uziemione gniazda i połączenia, a przez publiczną sieć energetyczną dosięga instalacji bardziej oddalonych.

W pobliżu miejsca uderzenia pioruna powstaje przepięcie, które rozprzestrzenia się od ziemi do sieci lub przez instalacje (co powoduje zniszczenia) lub przez wzbudzenie zadziałania ochronników. W tym ostatnim przypadku instalacja jest zabezpieczona, ale pozostałe instalacje zasilane przez tę samą sieć mogą być niezabezpieczone. W instalacjach oddalonych, gdzie uziemienie odnosi się do innego potencjału, przepięcie U może spowodować destrukcyjne przepięcie wtórne między przewodami czynnymi a masą. To zjawisko może wystąpić w instalacjach budynków, które znajdują się blisko, np. wieży kościelnej, w którą uderzył piorun.

Aby ograniczyć konsekwencje tych zjawisk, należy:

- wyposażyć wszystkie instalacje zasilane z jednej sieci nN w ochronniki przepięcia,

- wykonać połączenia wyrównawcze między masami przez ich uziemienie. Rozwiązanie takie można wykonać w zgrupowanych budynkach (np. w fabryce), ale w przypadku domów jednorodzinnych jest to trudne do wykonania.

Należy zapamiętać, że uziemiony przewód neutralny zapewnia pewną ekwipotencjalność sieci, ale nie dotyczy to instalacji z odseparowanym uziemieniem ochronnym (układ sieci TT). Układ sieci TN będzie w tym wypadku najkorzystniejszy.

Należy również dodać, że linie kablowe, pomimo iż są w sposób naturalny chronione przed skutkami pioruna, mogą również indukować przepięcia.

Instalacje odgromowe nie dają nigdy stuprocentowej gwarancji ochrony osób i mienia. Przepisy mają na celu zmniejszenie statystycznego ryzyka zagrożenia, jakie stwarza wyładowanie piorunowe.

OCHRONA PRZED SKUTKAMI UDERZENIA PIORUNA

Odgromniki to skuteczny sposób ochrony przed bezpośrednimi skutkami uderzeń pioruna, natomiast odpowiednio dobrane ochronniki chronią przed skutkami pośrednimi.
Niemniej jednak konieczne jest wykonanie dogłębnej analizy zagrożeń związanych z uderzeniem pioruna i uwzględnienie wielu czynników, takich jak: oszacowanie skutków meteorologicznych, specyfika geograficzna miejsca, rodzaj budynku i tego co zawiera, „połączenia" zewnętrzne budynku (sieci elektryczne i telefoniczne), konstrukcja i wielkość budynków, przeznaczenie budynków i rodzaj zagrożenia z nimi związanego (środowiskowe, ludzkie, finansowe), odporność sprzętu (informatycznego, elektronicznego), czy są to instalacje strategiczne (np. usługi publiczne, transportowe, obrona cywilna lub wojskowa), poziom dopuszczalnych strat oraz ich koszty a także konsekwencje wobec różnych możliwości zabezpieczeń.
Różne sposoby analizowania tego zagrożenia (znormalizowane lub nie) bazują na doświadczeniu i mapie burzowej danego miejsca.

Norma EN 62305 podaje główne zasady koncepcji i realizowania systemów zabezpieczeń przeciw uderzeniom pioruna (część 1) oraz bierze pod uwagę charakter zagrożenia, przewidywalne i dopuszczalne szkody, potrzeby ekonomiczne i parametry urządzeń zabezpieczających (odgromniki, ochronniki). W następnych częściach tej normy opisano elementy, które należy wziąć pod uwagę przy oszacowaniu ryzyka (część 2), szkody fizyczne na konstrukcjach i zagrożenia, jakie piorun stwarza dla człowieka (część 3), oraz systemy elektroniczne i elektryczne w budynkach (część 4).

1 OCHRONA PRZED SKUTKAMI BEZPOŚREDNIMI

Ochrona przed skutkami bezpośrednimi polega głównie na zainstalowaniu instalacji odgromowej.

Budowle, które wymagają największego zabezpieczenia przed wyładowaniami atmosferycznymi, to przede wszystkim wysokie konstrukcje (wysokie budynki, mosty, maszty, dzwonnice, wieże), pomieszczenia, gdzie przechowuje się niebezpieczne lub wybuchowe materiały, budynki, w których znajduje się sprzęt wrażliwy na zakłócenia oraz budynki mieszczące cenne eksponaty (muzea). Miejsca, gdzie znajdują się instalacje chłodnicze o dużej mocy (>500 W) lub instalacje wykorzystujące amoniak muszą być również zabezpieczane.

Uderzenie pioruna (ciąg dalszy)

Instalacje odgromowe

Instalacje odgromowe mają za zadanie zabezpieczać obiekty przed bezpośrednim uderzeniem pioruna. Odgromniki przechwytują piorun i odprowadzają prąd wyładowczy do ziemi przez co chronią instalację przed uszkodzeniami związanymi z samym uderzeniem pioruna i przepływem prądu, który temu towarzyszy. Instalacje odgromowe dzielą się na cztery kategorie.

Instalacje odgromowe w postaci zwodu pionowego (lub ochronniki Franklina)

Składają się z iglicy, jednego lub kilku przewodów odprowadzających i uziomu.

Skuteczność instalacji odgromowej w postaci zwodu pionowego jest wysoka, ale dość ograniczona w przypadku wysokich budynków, gdzie piorun może uderzyć z boku. Wówczas stosuje się dodatkowe zabezpieczenie przez wykonanie metalowej siatki.

Instalacje odgromowe – piorunochron aktywny

Jest to rozbudowana wersja ochronników instalowanych na zwodach pionowych. Ochronnik jest wyposażony w element aktywny, który wytwarza pole magnetyczne na iglicy, co ułatwia przechwytywanie pioruna i podnosi skuteczność instalacji. Na jednej konstrukcji można zamontować kilka takich ochronników. Muszą być one wówczas połączone zarówno między sobą, jak i ze swoimi uziomami.

Normy polskie. PN-IEC 61024-1:2001 i PN-86/E – 05003 nie dopuszczają stosowania piorunochronów aktywnych jako podstawowej ochrony budynków.

Instalacje odgromowe w postaci zwodów poziomych

Siatka zwodów poziomych składa się z sieci przewodów, które opasają budynek z zewnątrz. Do tych przewodów dodaje się iglice przechwytujące (o wysokości od 0,3 do 0,5 m), które są regularnie rozmieszczone na wystających punktach budynku (kalenice, rynny). Przewody są połączone i uziemione przez kilka przewodów odprowadzających. Poziom ochrony określa rozmiar oczek. Przykładowo poziom ochrony 1 (sfera promienia D = 20 m) – długość boku oczka nie powinna przekroczyć 5 m.

Instalacje odgromowe w postaci linki odgromowej

Instalacje odgromowe w postaci zwodów poziomych uzupełniają sieć budynku, która przeciwdziała promieniowaniu pól magnetycznych (patrz poziom 4 ekwipotencjalności).

System ten jest stosowany na niektórych budynkach, na magazynach, w napowietrznych liniach elektrycznych (linka odgromowa ochronna). Stosuje się tam model elektrogeometryczny sferyczny.

Instalacja odgromowa przez miejscowe podwyższenie potencjału ziemi zwiększa ryzyko występowania skutków bezpośrednich uderzenia pioruna. Dlatego należy zainstalować w rozdzielnicy głównej ochronniki typu 2 ($I_{imp\ min.}$ 12,5 kA – udar 10/350 µs). W bloku mieszkalnym należy zastosować ochronniki typu 2 na początku rozgałęzienia każdej instalacji (norma IEC 60364-4-443, rozdział 534).

Model elektrogeometryczny

Dobór i miejsce zainstalowania instalacji odgromowej powinny być indywidualnie projektowane dla każdego budynku. Należy na początku stwierdzić, czy piorun będzie uderzał w konkretny punkt, a nie w inne elementy budynków lub miejsca w budynku. Do tego celu wykorzystuje się metodę zwaną „elektrogeometryczną", która określa przestrzeń sferyczną zabezpieczaną teoretyczne przez odgromnik w zależności od natężenia prądu wyładowczego pierwszego wyładowania atmosferycznego. Im ten prąd jest wyższy, tym przejęcie go jest bardziej prawdopodobne i tym samym strefa ochrony jest większa.

Poziomy zabezpieczeń zgodnie z normą IEC 61024-1

Model elektrogeometryczny dopasowuje się w zależności od rodzaju zabezpieczenia, czyli od tego czy jest to zwód pionowy, piorunochron aktywny, zwód poziomy, czy linka odgromowa, których wielkości są określone w normie IEC 61024-1. Norma ta określa cztery poziomy zabezpieczenia w zależności od prawdopodobieństwa przechwytywania uderzenia:

Poziom	I	II	III	IV
Prawdopodobieństwo przechwytywania (%)	98	95	90	80
Minimalny prąd przechwytywania (kA)	2,8	5,2	9,5	14,7
Maksymalna odległość wzbudzenia D (m)	20	30	45	60

W przypadku odgromników aktywnych należy zapoznać się z dokumentacją producenta.

Ogólna zasada modelu elektrogeometrycznego

Przyjmuje się, że punkt „trasera" (lub „prekursora") znajduje się w środku kuli o promieniu D.
Przez kulę przechodzi przypadkowo „traser". Punkt pierwszego styku z dolną kulą decyduje o miejscu uderzenia pioruna: może to być drzewo, dach budynku, ziemia lub odgromnik, jeśli taki jest zainstalowany. Odgromnik nie zabezpiecza poza punktami styczności tej sfery.

Teoretyczny promień (D) kuli określa stosunek:
$D = 10 \times I^{2/3}$, gdzie D jest wyrażone w metrach, a I w kA.
Za optymalną ochronę, która uwzględnia najmniejsze prawdopodobne prądy pioruna (poziom ochrony 1), uważa się kulę o promieniu 20 m (I = 2,8 kA).

D (m)	15	29	46	96	135	215
I (kA)	2	5	10	30	50	100

Uderzenie pioruna (ciąg dalszy)

Plan zabezpieczenia: powierzchnie przechwytywania

Gdy obiekt, na którym trzeba zamontować instalację odgromową, składa się z kilku budynków, których nie można objąć przez jeden odgromnik, należy wykonać plan zabezpieczenia miejsca, nanosząc poszczególne powierzchnie przechwytywania. Jeśli budynki mają różne wysokości, całkowite zabezpieczenie wszystkich budynków jest trudne do wykonania.
Plan zabezpieczenia nałożony na plan budynków ułatwi wizualizację stref nieobjętych zabezpieczeniem odgromowym, a ponadto powinien ułatwić rozstrzygnięcie następujących kwestii:
- prawdopodobieństwo uderzenia pioruna – przez określenie najbardziej narażonych miejsc (wieże, kominy, anteny, latarnie, maszty itp.),
- wrażliwość sprzętu znajdującego się w budynku (sprzęt telekomunikacyjny, sprzęt informatyczny, automatyka itp.),
- potencjalne ryzyko związane z działalnością prowadzoną w budynku lub z rodzajem składowanych materiałów (pożar, wybuch itd.).
Nie należy też zapominać, że liczne połączenia między budynkami (sieci informatyczne, telefoniczne, alarmy i sieć elektryczna) mogą stać się nośnikami zakłóceń pod wpływem działania pola elektromagnetycznego pioruna lub wektora potencjału wytworzonego w ziemi. Mamy dwa rodzaje ochrony tych połączeń:
- ekranowanie lub faradyzacja, które oprócz ochrony przed polem elektromagnetycznym, polegają na utrzymaniu ekwipotencjalności połączeń (podłączony przewód masy, skrętka, ekrany na przewodach itp.),
- odsprzężenie galwaniczne, które oddziela elektrycznie budynki (sterowniki optyczne, światłowody, transformatory separacyjne itp.).

Plan zabezpieczenia budynków i obiektów ma za zadanie chronić przed bezpośrednim uderzeniem pioruna, ale powinien uwzględniać również elementy lub strefy nie będące konstrukcjami, gdzie uderzenie pioruna może też spowodować zniszczenia.

Przykład planu zabezpieczenia

Na tym przykładowym planie zostały zaznaczone „wrażliwe strefy": produkcja, magazyn, przetwarzanie odpadów zabezpieczone przez ochronniki lub zwody poziome. Dwie strefy: recepcja i parking nie mają odgromników, ponieważ uznano, że są mało narażone. Analizując ten plan można stwierdzić, że latarnie mogą ściągać pioruny i przekazywać uderzenia do instalacji oraz że na recepcji znajdują się centralka telefoniczna i antena, co powoduje, że jest to strefa czuła na działanie pioruna. Stacja pomp jest teoretycznie zabezpieczona przez odgromniki na silosach, które są dużo większe. Natomiast nie należy pominąć faktu, że w takim przypadku możliwe są boczne uderzenia pioruna.

Przewody odprowadzające

Zapewniają połączenie między samym odgromnikiem (iglicą, zwodem poziomym, linką odgromową) a uziemieniem. Są poddawane działaniu dużych prądów i dlatego powinny mieć odpowiedni przekrój (przewód miedziany min. 50 mm^2), kształt płaski (prąd o wysokiej częstotliwości) oraz powinny być solidnie umocowane. Nie można ich montować tak, aby były prowadzone do góry lub miały ostre zakręty. Mogą mieć zamontowane liczniki uderzeń pioruna.

Zaleca się zwiększanie liczby przewodów odprowadzających, aby zmniejszyć prądy w każdym z nich oraz efekty termiczne, elektrodynamiczne i indukcyjne. Przewody te muszą mieć połączenie z obwodem uziemiającym ekwipotencjalnym lub z siatką zwodów poziomych.

Połączenie przewodów odprowadzających z połączeniami mas w budynku

W budynkach kilkupiętrowych zaleca się podłączenie przewodów odprowadzających z odgromnika do połączeń mas na każdym piętrze. Gdy nie wykona się tych połączeń, pojawia się różnica potencjałów między przewodem odprowadzającym i masami wewnętrznymi, co może spowodować przepięcie przez mury budynku. Cyrkulacja prądu pochodzącego z pioruna o dużej częstotliwości może spowodować bardzo duże podniesienie potencjału w przewodzie odprowadzającym (kilkaset kV), co jest spowodowane zwiększeniem impedancji przy wysokiej częstotliwości (patrz str. 155).

Należy minimalizować skutki cyrkulacji prądu piorunowego w przewodach odprowadzających poprzez:
- zwiększenie liczby przewodów odprowadzających, aby rozdzielić prąd i ograniczyć jego skutki,
- wykonanie połączeń między przewodami odprowadzającymi i masami na każdym piętrze budynku,
- stworzenie sieci wyrównawczej mas, która łączy wszystkie elementy przewodzące, w tym również te niedostępne: rury kanalizacyjne, obwody ochronne, zbrojenie betonu, metalową konstrukcję szkieletową (patrz str. 145).
Nie należy rozmieszczać przewodów odprowadzających w pobliżu pomieszczeń, gdzie znajduje się sprzęt informatyczny lub telekomunikacyjny.

^ Uziemienie instalacji odgromowej.

Uderzenie pioruna (ciąg dalszy)

Sieć uziemienia

Jest podstawowym elementem zabezpieczenia przed uderzeniem pioruna. Powinny być do niej podłączone wszystkie masy (które muszą mieć również połączenia między sobą). Sieć uziemienia musi odprowadzać prąd wyładowania atmosferycznego do ziemi i zapobiegać wzrostowi potencjału zarówno w swoim obrębie, jak i w otaczającym podłożu. Wartość rezystancji uziemienia przy niskiej częstotliwości, pomimo że musi być wystarczająco niska (<10 Ω), jest mniej ważna niż jej kształt i wymiary, które są istotne przy odprowadzeniu prądu wyładowczego o wysokiej częstotliwości.
Ogólnie rzecz biorąc, każdy odprowadzany prąd musi zostać uziemiony bez względu na to, czy to odprowadzanie jest wykonane przy użyciu przewodów (minimum trzech) rozmieszczonych gwiaździście i wpuszczonych w ziemię na głębokość co najmniej 0,5 m, czy przez zastosowanie drążków uziemiających, rozmieszczonych trójkątnie. Norma francuska NF C 15-100 art. 515 wymaga, aby przewody odprowadzające od odgromnika były podłączone do mas przez główne połączenie wyrównawcze (patrz schemat na str. 261). Gdy jest to możliwe, zaleca się zwiększenie liczby przewodów odprowadzających i punktów połączeń (tyle ile pięter) i ogólne zwiększenie rozmiarów sieci ekwipotencjalnej. Oprócz tego, sieć uziemienia musi mieć zdolność odprowadzenia prądów, aby zwiększenie potencjału sieci mas ograniczyć najbardziej jak to możliwe.
Kiedy zabezpieczane urządzenia są bardzo czułe (np. urządzenia elektroniczne, telekomunikacyjne, informatyczne ekranowane) lub gdy nie jest możliwe wykonanie skutecznego uziemienia dla wysokiej częstotliwości (np. w terenie skalistym), lub gdy wielkość instalacji powoduje, że jest wiele punktów wzrostu potencjału (patrz schemat na str. 413), należy wówczas zastosować dodatkowe rozwiązania, aby zapobiec wzrostowi potencjału wysokiej częstotliwości sieci mas, a tym samym we wszystkich obwodach (zwłaszcza w ochronnym żółto-zielonym), które są wzajemnie połączone. Należy wówczas zastosować dodatkowe ochronniki (typu 2) w tablicach rozdzielczych i w rozdzielnicy końcowej. Uwaga: Te ochronniki nie zastępują ochronnika typu 1. który musi być również zamontowany w rozdzielnicy głównej.

Dopuszcza się stosowanie tylko jednej sieci uziemiającej. Niedozwolone jest prowadzenie niezależnych obwodów uziemień, np. osobno w obwodach mocy, informatyki, elektroniki, telekomunikacji, co nie wyklucza istnienia połączonych ze sobą wielu uziemień.

Impedancja uziemień w układzie sieci o wysokiej częstotliwości

Uziemienia są zwykle tak przygotowane, aby odprowadzać prąd zwarciowy o niskiej częstotliwości. Rezystancja przewodów umieszczonych w ziemi nie ma znaczenia, nawet jeśli są to przewody o dużej długości w porównaniu z rezystancją samego uziemienia (kilka mΩ w stosunku do kilku Ω). W momencie uderzenia pioruna prąd, który trzeba odprowadzić do ziemi ma wysoką częstotliwość, a wtedy impedancja uziemienia ma charakter indukcyjny. Aby ograniczyć te efekty, należy dobrać odpowiednią geometrię uziemienia. Najczęściej stosuje się rozmieszczenie gwiaździste instalacji, natomiast w terenie słabo przewodzącym mogą się sprawdzić inne rozwiązania. Podobnie jak przy przewodach odprowadzających połączenia i podłączenia wykonuje się przy użyciu przewodów płaskich.

Konieczność uwzględnienia instalacji odgromowej na etapie projektowania

Po zakończeniu budowy może być trudno wykonać odpowiednie rozmieszczenie odgromników, poprowadzenie przewodów i uziemienie instalacji. Dlatego ważne jest, aby uwzględnić instalację odgromową na odpowiednim etapie projektowania.

■ Zakładanie instalacji odgromowej w trakcie powstawania budynku

Przewody odprowadzające od odgromników są bezpośrednio podłączone do pętli w fundamentach budynku. Instalacja gwiaździsta w punktach łączenia zmniejsza impedancję przy wysokiej częstotliwości.

■ Zakładanie instalacji odgromowej w późniejszym etapie

Brak dostępu do pętli w fundamentach budynku powoduje, że trzeba wykonywać trudne podłączenia o dużej długości.

2 ZABEZPIECZENIE PRZED POŚREDNIMI SKUTKAMI UDERZEŃ PIORUNA

Główne zabezpieczenie przed pośrednimi skutkami uderzeń pioruna polega na uniemożliwieniu przedostania się do instalacji energii o właściwościach zakłócających (a nawet destrukcyjnych), która może mieć wpływ na działanie urządzeń i sprzętu. Aby zapobiec takim stratom, należy spełnić cztery warunki:
- ograniczyć wzrost potencjału instalacji, odprowadzając prąd wyładowczy do potencjału o niższej wartości (sieci mas i uziemienia). Na tym polega rola odgromników,
- uniknąć pojawienia się niebezpiecznych przepięć między samymi aparatami oraz między aparatami a obwodami ochronnymi i poszczególnymi masami. Zadaniem sieci jest wyrównywanie potencjału mas,
- zmniejszyć skutki indukcji wywołanej polem elektromagnetycznym wytworzonym przez samo uderzenie pioruna i przez przewody odprowadzające od odgromników, które działa na wszystkie obwody (linie zasilania elektrycznego i linie telefoniczno-informatyczne) oraz na całą strukturę budynku. Odpowiednie rozmieszczenie instalacji odgromowej ogranicza skutki oddziaływania pól elektromagnetycznych,
- ograniczyć wzrost potencjału instalacji przez odprowadzenie prądu z pioruna do sieci o niższym potencjale (sieci mas lub sieci uziemienia). Jest to rola ochronników.

Uderzenie pioruna (ciąg dalszy)

Wytrzymałość urządzeń na uderzenie pioruna

Energia pochodząca z uderzenia pioruna przekształca się na charakterystyczny sygnał impulsowy, którego wartości napięcia i prądu zależą od budowy instalacji. Zabezpieczenie urządzeń przed przepięciami polega na wykonaniu porównania między wartością spodziewaną uderzenia pioruna zgodnie z warunkami instalacji (klasą instalacji) a wytrzymałością instalacji na udar napięcia (kategoria przepięć). Przy wykonywaniu prób używa się specjalnego generatora (zwanego hybrydowym) który symuluje uderzenie pioruna i wytwarza impuls złożony o kształcie 1,2/50 µs lub 8/20 µs (ochronnik typu 2), zgodnie z definicją normy IEC 60060-1. Pierwsza wartość oznacza czas wzrostu (długość pierwszej części impulsu), a druga – wartość czas spadku impulsu do połowy wartości (patrz strona obok).
Udar prądowy 10/350 µs jest stosowany dla ochronników pierwszego typu, które zabezpieczają przed wzrostem potencjałów spowodowanych obecnością odgromnika.
Udar napięciowy 10/700 µs jest stosowany dla linii obwodów telekomunikacyjnych na długich odległościach (sieć telefoniczna i słaboprądowa).

Klasy instalacji określone przez normę IEC 61000-4-5

Klasa	Maksymalne napięcie udaru	Warunki instalacji
0	25 V	Instalacje dobrze zabezpieczone, wszystkie przewody doprowadzające zabezpieczone są ochronnikami, sprzęt jest podłączony do sieci masy mało narażonej na zakłócenia, sprzęt elektroniczny ma własne zasilanie.
1	500 V	Instalacje częściowo zabezpieczone: warunki podobne jak w klasie 0, ale przełączenia mogą spowodować przepięcia.
2	1 kV	Separacja okablowania: zasilanie elektryczne jest oddzielone od innych obwodów, sieć masy obwodów elektrycznych jest narażona na zakłócenia instalacji lub działania pioruna.
3	2 kV	Brak separacji okablowania: przewody elektryczne i informatyczne biegną równolegle, sprzęt elektroniczny i elektryczny jest podłączony do jednej sieci zasilania, sieć mas jest narażona na duże zakłócenia.
4	4 kV	Podłączenie przez kable zewnętrzne i wspólne okablowanie dla przewodów elektrycznych i telekomunikacyjnych, instalacja jest podłączona do sieci masy obwodu elektrycznego, sieć zasilania jest wspólna dla wszystkich obwodów.
5	4 kV(1)	Podłączenie do linii napowietrznych: sprzęt elektryczny i elektroniczny jest narażony na zakłócenia linii, ale linia posiada zabezpieczenie pierwotne. Nie ma sieci masy ani uziemienia.
X	x kV	Specyficzne warunki instalacji (do sprecyzowania).

(1) Zalecane 6 kV

Zalecane wartości wytrzymałości na napięcie udarowe dla urządzeń w sieci 230/400 V (IEC 60664-1)

Kategoria przepięć	Rodzaj i parametry urządzeń	Napięcie udarowe U_{imp} (kV)	
		Sytuacja kontrolowana(1)	Sytuacja naturalna(2)
IV	Urządzenia instalowane w rozdzielni głównej: liczniki, mierniki, rozłączniki i wyłącznik główny.	6	4
III	Urządzenia w instalacji zamontowane na stałe (osprzęt, wyłączniki, gniazda, puszki) lub urządzenia siłowe (silniki, piece).	4	2,5
II	Urządzenia i sprzęty domowego użytku, np. AGD.	2,5	1,5
I	Urządzenia czułe, o ograniczonej wytrzymałości, zawierające obwody elektroniczne. Pożądane jest zabezpieczenie wbudowane lub w bliskiej odległości.	1,5	0,8

(1) Instalacje, w których przejściowe przepięcia są ograniczone (> U_{imp}) przez zabezpieczenia na samej linii lub na początku instalacji (np. zabezpieczona sieć napowietrzna).
(2) Instalacje, gdzie ryzyko jest niewielkie. Zabezpieczenie przez stosowanie ochronników nie jest konieczne, np. jeśli zasilanie jest prowadzone kablem ziemnym.

Znormalizowane napięcie udarowe

Znormalizowane napięcie udarowe (zwane udarem 1,2/50 µs) stosuje się w przypadku urządzeń, aby określić i zakwalifikować ich wytrzymałość na przepięcia indukowane przy uderzeniu pioruna.

Na to napięcie udarowe nakłada się podobny udar prądowy, ale przesunięty fazowo, o kształcie 8/20 µs.

Zadeklarowana odporność na działanie uderzeń pioruna danego komponentu nie gwarantuje odporności całego urządzenia. Przy projektowaniu ochrony przeciwprzepięciowej i odgromowej należy uwzględnić wszystkie okoliczności oraz ich skutki dla całej instalacji. Należy stosować zabezpieczenia zintegrowane lub znajdujące się blisko zabezpieczonych urządzeń.

Poziom zagrożenia
(kategoria przepięcia)
+
Poziom zabezpieczenia urządzeń i sprzętu
(wytrzymałość na napięcie udarowe)

Zabezpieczenie bierne
(budowa i sposób wykonania instalacji)
+
Zabezpieczenie czynne
(ochronniki)

Uderzenie pioruna (ciąg dalszy)

Zabezpieczenie bierne

Zabezpieczenie bierne wynika z budowy i sposobu wykonania instalacji. Oznacza:
- połączenie wyrównawcze mas, które dzieli się na cztery kategorie (patrz str. 145),
- separację elektryczną zasilania między obwodami zasilającymi a obwodami wrażliwymi na zakłócenia (patrz str. 150),
- separację geometryczną obwodów ograniczających sprzężenia diafoniczne między przewodami w tych obwodach (patrz str. 152).

Uwaga: Istnienie pętli sprzęgających, wrażliwych na działanie pola elektromagnetycznego generowanego przez piorun podkreśla aspekty związane z rozmiarami (powierzchnią pętli poddanej działaniu pola) i aspekty geometryczne (trasa przewodów) i należy to zjawisko odróżniać od pojęcia odległości separacyjnej przewodów,
– schematy uziemień (lub układów sieci), których rodzaj ma wpływ na działanie instalacji (patrz str. 257) i w konsekwencji na dobór ochronników.

Zagrożenie związane z pośrednimi skutkami uderzenia pioruna nie jest nigdy zerowe. Dodatkowy koszt zabezpieczeń jest znikomy w stosunku do ewentualnych strat i zwraca się przy pierwszej awarii. Niemniej jednak ochronniki nie zawsze są skutecznym rozwiązaniem, jeśli zastosuje się je w źle zaprojektowanej instalacji. Najlepszą ochronę gwarantują odpowiednie zabezpieczenia całej instalacji oraz jej poprawne wykonanie.

Dobór zabezpieczen biernych: struktura i wykonanie instalacji

Zabezpieczenie bierne jest określane przez analizę parametrów niezależnych, takich jak: rozmiar instalacji, separacja obwodów, poziom ekwipotencjalności, które są trudne do ocenienia.
Poniższe zestawienie może służyć do doboru zabezpieczenia biernego:
- zabezpieczenie dobre, jeśli wszystkie kryteria są w zielonej strefie,
- zabezpieczenie złe, jeśli wszystkie kryteria są w czerwonej strefie,
- zabezpieczenie średnie, jeśli wybrano kryteria pośrednie (poziomy pomarańczowy lub zielony i czerwony występują razem, np. układ sieci TN dla dużej instalacji).

Klasa instalacji, sprzętu (napięcie udarowe pioruna)

5 (6 kV)	4 (4 kV)	3 (2 kV)	2 (1 kV)	1 (500 V)	0 (25 V)

Układ sieci

TT	IT	TN

Rozmiar instalacji (pętle)

Bardzo duża (zakład przemysłowy)	duża (blok)	mała (dom)

Separacja geometryczna obwodów

Brak separacji (sprzężenia)	separowana	ekranowana (brak sprzężeń)

Separacja zasilania „czułych" obwodów

Wspólne zasilanie	zasilanie odseparowane	źródła odseparowane

Poziom ekwipotencjalności

0 przewody ochronne	1 przewody masy	2 połączenia wyrównawcze	3 separacja punktowa	4 separacja całkowita

Zabezpieczenie czynne

Ochronniki

Podczas uderzenia pioruna, może dojść do rozprzestrzenienia w instalacji napięcia wyładowczego U_{imp}, co może spowodować uszkodzenia. Ochronnik zachowa się wówczas jak zwarcie, aby odprowadzić jak największą ilość energii do ziemi przez połączenie wyrównawcze mas. Dobór ochronników w zależności od ryzyka uderzenia pioruna i typologii instalacji znajduje się na str. 408.

Ochronniki, ograniczniki przepięć, ograniczniki zakłóceń itp. – nazewnictwo urządzeń przeznaczonych do zabezpieczania przed przepięciami jest szerokie i łatwo się pomylić. Należy zatem używać nazwy wspólnej: „ochronnik", która określa każde urządzenie przeznaczone do ograniczania przejściowych przepięć przez wyeliminowanie części prądu udarowego.
Skrótu imp (z ang. *impuls*) używa się, aby określić parametry impulsowe napięcia (U_{imp}) i prądu (I_{imp}).
Ochronniki powinny spełniać wymogi normy EN 61643-11.
Skrót LPS (EN 62305) oznacza kompletne urządzenie stosowane do redukcji szkód fizycznych przy wyładowaniach piorunowych w obiekt.

Zabezpieczenie kaskadowe

Ochronnik musi być zainstalowany jak najbliżej urządzeń, które ma zabezpieczać, ale samo zabezpieczenie końcowe 3 nie jest w stanie ograniczyć całej energii udaru prądowego. Ochronnik zamontowany w rozdzielnicy głównej 1 umożliwia odprowadzenie energii udaru tylko powyżej pewnego poziomu napięcia i nie zabezpiecza całej instalacji oraz urządzeń do niej podłączonych.

W zależności od rozmiarów instalacji i rodzaju zagrożenia (położenie geograficzne i stopień „wrażliwości" urządzeń) konieczne jest zabezpieczenie pośrednie przez ochronnik 2, które uzupełnia zabezpieczenie główne. Skuteczne zabezpieczenie odgromowe polega na zastosowaniu odpowiedniej kombinacji ochronników połączonych kaskadowo.

Zakłócenia elektromagnetyczne

Przy projektowaniu instalacji elektrycznych ważne jest uwzględnienie kompatybilności elektromagnetycznej. Problem ten wiąże się z takimi zagadnieniami, jak wysokie częstotliwości, ekranowanie, oddziaływanie wzajemne urządzeń itd., które trzeba uwzględnić przy jednoczesnym zapewnieniu ciągłości zasilania. Nie zawsze jest to łatwe do wykonania.

KOMPATYBILNOŚĆ ELEKTROMAGNETYCZNA

Przyspieszony rozwój dystrybucji energii elektrycznej i coraz większy zakres jej zastosowań (m.in. elektronicznych, informatycznych), nowe rozwiązania dotyczące urządzeń (aparaty stacjonarne i przenośne), decentralizacja funkcji zmieniły w sposób znaczący nasze środowisko.

Kompatybilność elektromagnetyczna

Opisują ją trzy parametry:

Źródło → Sprzężenie → Tzw. „ofiara"

- **Źródło określa się przez poziom emisji. Główne źródła zakłóceń to: piorun, nadajniki, generatory o wysokiej częstotliwości, wyłączniki i przełączniki mocy, piece indukcyjne, oświetlenie fluorescencyjne, przekaźniki, silniki elektryczne, narzędzia, sprzęt AGD, wyładowania elektrostatyczne.**
- **Sprzężenie to transmitowanie zakłóceń. Istnieją trzy sposoby transmitowania:**
  - przez promieniowanie (bez używania elementów przewodzących),
  - przez przewodzenie (czyli elementy przewodzące, np. masy, uziemienia, kable).
- **Urządzenia, na które wpływają zakłócenia, tzw. „ofiary" charakteryzuje określony poziom odporności. Głównymi „ofiarami" są: odbiorniki radiowe, telewizyjne, urządzenia telekomunikacyjne, modemy, sprzęt informatyczny, urządzenia zawierające podzespoły elektroniczne.**

Kompatybilność elektromagnetyczna to zdolność urządzenia, systemu lub instalacji do poprawnego działania w swoim środowisku bez generowania zakłóceń, które wpływałyby na inne elementy tego środowiska. Jest to podstawowy wymóg, który należy brać pod uwagę przy projektowaniu nowoczesnych instalacji.
Kompatybilność elektromagnetyczną rozwiązuje się na poziomie źródła (zmniejszenie emisji) albo na poziomie „ofiary" (poprawa odporności na zakłócenia), lub też na obu poziomach jednocześnie. Złożoność problemu kompatybilności elektromagnetycznej często wiąże się z tym, że źródła mogą być „ofiarami", „ofiary" mogą być źródłami zakłóceń oraz że sprzęganie dokonuje się wspólnie na obu kanałach transmisyjnych: przez promieniowanie i przewodnictwo.
Dyrektywa europejska 89/336/CEE (z późniejszymi zmianami, które wprowadziła dyrektywa 92/31/CEE), nakazuje, aby każde państwo ustaliło i zharmonizowało odpowiednie metody działań w tym zakresie, które miałyby polegać na przepisaniu i włączeniu tych rozporządzeń do norm narodowych.
Ostatecznie ta dyrektywa miała zacząć obowiązywać od 1 stycznia 1996 r.
Dyrektywa 2004/108/CE z dn. 15 grudnia 2004 r., która aktualnie obowiązuje, znosi wcześniejsze przepisy od dnia 20 lipca 2007 r.
Można się również odwołać do komunikatu 2005/C/246/01 Komisji Wspólnoty Europejskiej, który przedstawia syntezę publikacji i odnośników norm zharmonizowanych dotyczących kompatybilności elektromagnetycznej.

Normy dotyczące metod prób w zakresie kompatybilności elektromagnetycznej

PN-EN 61000-2-2:2003 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Część 2-2: Środowisko. Poziomy kompatybilności zaburzeń przewodzonych małej częstotliwości i sygnałów przesyłanych w publicznych sieciach zasilających niskiego napięcia (oryg.).
PN-EN 61000-2-10:2004 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Część 2-10: Środowisko. Opis środowiska HEMP. Zaburzenia przewodzone.
PN-EN 61000-3-2:2007 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Część 3-2: Poziomy dopuszczalne. Poziomy dopuszczalne emisji harmonicznych prądu (fazowy prąd zasilający odbiornika mniejszym lub równym 16 A).
PN-EN 61000-3-3:1997/A2:2006 Kompatybilność elektromagnetyczna. Dopuszczalne poziomy. Ograniczanie wahań napięcia i migotania światła powodowanych przez odbiorniki o prądzie znamionowym mniejszym lub równym 16 A w sieciach zasilających niskiego napięcia (oryg.).
PN-EN 61000-3-12:2007 Kompatybilność elektromagnetyczna(EMC). Część 3-12: Dopuszczalne poziomy. Dopuszczalne poziomy harmonicznych prądów powodowanych działaniem odbiorników, które mają być przyłączone do publicznej sieci zasilającej niskiego napięcia z fazowym prądem zasilającym odbiornika większym niż 16 A i mniejszym lub równym 75 A (oryg.).
PN-EN 61000-4-2:1999/A2:2003 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Metody badań i pomiarów. Badanie odporności na wyładowania elektrostatyczne. Podstawowa publikacja EMC.
PN-EN 61000-4-4:2005 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Metody badań i pomiarów. Badanie odporności na serie szybkich elektrycznych stanów przejściowych. Podstawowa publikacja EMC.
PN-EN 61000-4-5:2006 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Metody badań i pomiarów. Badanie odporności na udary.
PN-EN 61000-4-27:2004 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Część 4-27: Metody badań i pomiarów. Badanie odporności na asymetrię napięcia.
PN-EN 61000-4-7:2007 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Część 4-7: Metody badań i pomiarów. Ogólny przewodnik dotyczący pomiarów harmonicznych i interharmonicznych oraz stosowanych do tego celu przyrządów pomiarowych dla sieci zasilających i przyłączonych do nich urządzeń (oryg.).
PN-EN 61000-4-8:1998/A1:2003 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Metody badań i pomiarów. Badanie odporności na pole magnetyczne o częstotliwości sieci elektroenergetycznej.
PN-EN 61000-4-9:1998/A1:2003 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Metody badań i pomiarów. Badanie odporności na impulsowe pole magnetyczne.
PN-EN 61000-4-11:2007 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC).Część 4-11: Metody badań i pomiarów. Badania odporności na zapady napięcia, krótkie przerwy i zmiany napięcia.
PN-EN 61000-4-13:2007 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Część 4-13: Metody badań i pomiarów. Harmoniczne i interharmoniczne wraz z sygnałami sieciowymi w przyłączu zasilającym prądu przemiennego. Badania odporności na zaburzenia małej częstotliwości.
PN-EN 61000-4-14:2002/A1:2006 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Część 4-14: Metody badań i pomiarów. Badanie odporności na wahania napięcia.
PN-EN 61000-4-15:1999/A1:2005 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Metody badań i pomiarów. Miernik migotania światła. Specyfikacja funkcjonalna i projektowa.
PN-EN 61000-4-17:2004/A1:2006 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Część 4-17: Metody badań i pomiarów. Badanie odporności na obecność składowej zmiennej w stałym napięciu zasilającym.
PN-EN 61000-4-27:2004 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Część 4-27: Metody badań i pomiarów. Badanie odporności na asymetrię napięcia (oryg.).
PN-EN 61000-4-28:2004/A1:2006 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Część 4-28: Metody badań i pomiarów. Badanie odporności na zmiany częstotliwości sieci zasilającej.
PN-EN 61000-4-29:2004 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Część 4-29: Metody badań i pomiarów. Badanie odporności na zapady napięcia, krótkie przerwy i zmiany napięcia na przyłączu zasilania prądu stałego (oryg.).
PN-EN 61000-4-30:2005 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Część 4-30: Metody badań i pomiarów. Metody pomiaru jakości energii.
PN-EN 61000-4-34:2007 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Część 4-34: Metody badań i pomiarów. Badanie odporności na zapady napięcia, krótkie przerwy i zmiany napięcia dla urządzeń o fazowym prądzie zasilającym do 16 A (oryg.).
PN-EN 61000-5-7:2005 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Część 5-7: Wytyczne dotyczące instalowania urządzeń i ograniczania zaburzeń. Stopnie ochrony przed zaburzeniami elektromagnetycznymi zapewniane przez obudowy (kod EM) (oryg.).
PN-EN 61000-6-1:2007 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Część 6-1: Normy ogólne. Odporność w środowiskach mieszkalnych, handlowych i lekko uprzemysłowionych.
PN-EN 61000-6-4:2007 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Część 6-4: Normy ogólne. Norma emisji w środowiskach przemysłowych.

Zakłócenia elektromagnetyczne (ciąg dalszy)

Problem kompatybilności elektromagnetycznej wiąże się ze zjawiskiem „sprzęgania", które powstaje pomiędzy różnymi elementami systemu lub instalacji. Zjawiska te są o tyle istotne, że powstają między aparatami mocy i aparatami elektronicznymi. Powodem jest bliska odległość silno- i słaboprądowych linii zasilania. Istnieje 5 rodzajów sprzężeń.

Sprzężenie przez wspólną impedancję

Zakłócenia są przenoszone przez wspólne obwody do źródła i do „ofiary": zasilanie, masy obwodów zabezpieczenia i elementy dodatkowe. Ten rodzaj sprzężenia jest zwany również „sprzężeniem galwanicznym".

Sprzężenie indukcyjne

Zakłócenia są przenoszone przez powstałe pole magnetyczne i indukcję w przewodzie zasilającym „ofiarę".

Sprzężenie pojemnościowe

Zakłócenia są przenoszone przez efekt pojemnościowy między liniami ułożonymi blisko siebie.

Efekty towarzyszące sprzężeniom indukcyjnym i pojemnościowym noszą nazwę diafonii.

Sprzężenie pola elektrycznego z przewodem

Zmiany pola elektromagnetycznego (wektor pola elektrycznego $\vec{E}$) indukują w przewodzie prądy. Przewody te zachowują się jak anteny.

Sprzężenie pola magnetycznego z pętlą

Zmiany pola magnetycznego $\vec{H}$ indukują napięcia (sem) w pętli przewodzącej.

SPOSOBY ZABEZPIECZANIA PRZED ZAKŁÓCENIAMI ELEKTROMAGNETYCZNYMI

Zabezpieczanie przed zakłóceniami elektromagnetycznymi w instalacjach opiera się na dwóch zasadach:
- na zapewnieniu ekwipotencjalności dopasowanej do „wrażliwości" instalacji; istnieje pięć poziomów wykonania połączeń wyrównawczych mas,
- separacji elektrycznej i geometrycznej aparatów i ich obwodów oraz elementów powodujących zakłócenia, co nie jest łatwe do przeprowadzenia; istnieje kilka różnych rozwiązań.

Zasady konstrukcyjne dotyczące rozdzielnic wyposażonych są podane na stronie 154.

Tak jak we wszystkich dziedzinach, najlepszym sposobem zapobiegania zakłóceniom spowodowanym brakiem kompatybilności elektromagnetycznej jest zapobieganie ich powstawaniu. Istnieją podstawowe środki zaradcze, które stosuje się w przypadku każdego rodzaju sprzężeń.
Uwzględnianie problemu kompatybilności elektromagnetycznej niesie za sobą nowe wymagania dotyczące zasad prowadzenia instalacji, które odbiegają od tradycyjnych rozwiązań.

1 EKWIPOTENCJALOŚĆ INSTALACJI

Prawidłowe wykonanie sieci mas jest sprawą podstawową, jeśli chodzi o poprawne działanie urządzeń i kompatybilność elektromagnetyczną. Wykonanie połączeń mas niesie za sobą pewne konsekwencje techniczne oraz finansowe. Dlatego też sieć musi mieć możliwość rozbudowy. Sieć mas dzieli się na pięć poziomów.

Ekwipotencjalność – poziom 0

Poziom 0 ekwipotencjalności polega na połączeniu urządzeń przez przewody ochronne (żółto-zielone) w jednym miejscu. Ten sposób uzyskania ekwipotencjalności określa się często rozwiązaniem gwiaździstym. Ten sposób połączenia jest przeznaczony do ochrony osób przed porażeniem prądem elektrycznym. Jeśli ten sposób będzie przystosowany do niskich częstotliwości, to ekwipotencjalizacja wysokich częstotliwości będzie ograniczona przy długich przewodach, bo ich impedancja będzie zbyt duża. Ten rodzaj połączeń wyrównawczych jest stosowany zwykle w instalacjach domowych, gdzie podłączone urządzenia działają niezależnie od siebie. Praktyka minimalizowania instalacji ekwipotencjalnej może doprowadzić do powstania obwodów, w których mogą być indukowane duże przepięcia przy wyładowaniach atmosferycznych.

Jedno uziemienie

Budynek musi mieć tylko jedno uziemienie (ewentualnie kilka uziemień połączonych).

Wykonywanie kilku oddzielnych uziemień jest zabronione ze względu na ryzyko powstania różnic potencjałów między obwodami (np. w przypadku uderzenia pioruna).

Zakłócenia elektromagnetyczne (ciąg dalszy)

Ekwipotencjalność – poziom 0

Jeśli urządzenia komunikują się ze sobą, koniecznie należy ich przewody ochronne podłączyć w jednym punkcie. Polepszy to ich poziom ekwipotencjalności i zmniejszy powierzchnię pętli.

Niektóre publikacje mówią o wykonaniu połączenia wyrównawczego do najbliższego przewodu ochronnego. Teoretycznie jest to dobre rozwiązanie umożliwiające ograniczenie wspólnych impedancji i powierzchni pętli, niemniej jednak mało realne do wykonania ze względu na zwiększenie liczby podłączeń oraz trudności związane z doborem odpowiedniego przekroju.

Ekwipotencjalność – poziom 1

Ekwipotencjalność na poziomie 1 jest łatwa do wykonania, ekonomiczna; zwykle wystarczy wykonać tylko połączenie wyrównawcze między masami aparatów, które się komunikują ze sobą. To połączenie może mieć postać krótkiego przewodu lub metalowej konstrukcji. W większości przypadków przewód masy włączony do krótkiego przewodu transmisyjnego (USB) spełnia tę funkcję. To połączenie jest tym bardziej skuteczne, że jest wykonywane blisko czułych przewodów (ekranowanie przewodów).

Ekwipotencjalność – poziom 1

Ekwipotencjalność – poziom 2

Ekwipotencjalność na poziomie 2 stosuje się w instalacjach czułych lub gdy istnieją duże źródła zakłóceń elektromagnetycznych: w układach automatyki, sterowaniach, lokalnych sieciach informatycznych 5 kategorii (do 100 MHz). Wykonywana jest przez połączenie ze sobą i do uziemienia wszystkich dostępnych metalowych elementów, takich jak słupy, wiązania konstrukcyjne, korytka, parapety, osłony, ościeżnice, tworzących rodzaj sieci, która ogranicza znacznie wspólne impedancje i powierzchnie pętli.

Wysoką jakość połączeń ekwipotencjalnych w obudowach produkcji Legrand uzyskuje się w łatwy sposób przez podłączenie ze sobą mas urządzeń znajdujących się w obudowach oraz przez połączenie z elementami przewodzącymi, które znajdują się w bliskiej dległości.

Ekwipotencjalność – poziom 2

Połączenia wyrównawcze w przewodach sygnalizacyjnych nie zawsze gwarantują dobrą ekwipotencjalność – wtyki i gniazda wtykowe powinny być tak wykonane, aby gwarantować ciągłość połączeń mas. Osłonę stanowi oplot miedziany, który nie zapewnia odpowiedniej jakości ekwipotencjalizacji przy niskich częstotliwościach, a szczególnie wtedy, gdy ekrany są wykonane z metalizowanej warstwy poliestru.
Tylko przewody energetyczne z metalowym oplotem zapewniają skuteczne połączenie wyrównawcze. Większość urządzeń biurowych (komputery, drukarki), terminale telefoniczne analogowe i cyfrowe, urządzenia audio, terminale internetowe, magistrale i – ogólnie rzecz biorąc – wszystkie systemy o małym zasięgu i częstotliwości nie przekraczającej 1 MHz działają przy ekwipotencjalności na poziomie 1.

Zakłócenia elektromagnetyczne (ciąg dalszy)

Ekwipotencjalność – poziom 3

Poziom 3 to sieć separowana. Niektóre czułe urządzenia, które muszą być zabezpieczane ze względu na ich wartość lub konieczność zapewnienia ciągłości działania, wymagają specyficznego zabezpieczenia przed działaniem silnych pól, które wytwarza oprzewodowanie energetyczne lub których źródłem jest uderzenie pioruna. Poziom ekwipotencjalności urządzeń i tego, co je otacza musi być więc wysoki. Jako przykład można podać pracownie informatyczne, serwery, szafy informatyczne, wzmacniacze i – ogólnie rzecz biorąc – wszystkie zastosowania, których częstotliwość robocza przekracza 100 MHz.
Tworzenie separacji urządzeń bywa również konieczne, kiedy budynek nie ma odpowiedniej struktury przewodzącej.

Zamkniętą, szczelną siatkę może tworzyć podłoga przewodząca i znajdujący się w dolnej części ściany boczny pas wykonany z miedzianej taśmy o szerokości min. 20 mm. Jeśli wysokość od sufitu do podłogi przekracza 3 m, można dodać jeszcze górny pas taśmy. Wszystkie masy z poziomu 2 należy zespolić z siatką przez jak najkrótsze połączenia, wykonane z blachy, przewodu z oplotem lub z giętkiego przewodu o minimalnym przekroju 25 mm². Dostęp do pasa jest zabezpieczany na całej długości (montaż w listwie kablowej), a przejścia przez ściany są zabezpieczane przed korozją. Jeśli dwie oddzielne siatki znajdują się obok siebie, muszą być ze sobą scalone w kilku punktach. Siatki muszą być scalone również w kilku miejscach z konstrukcją budynku. Dobre zabezpieczenie przed skutkami uderzenia pioruna zależy zawsze od dobrego połączenia sieci mas z podłożem przez dobrej jakości uziemienia (<10 Ω) w fundamentach budynku.

Ekwipotencjalność – poziom 4

Na poziomie 4, siatka połączeń wyrównawczych z poziomu 3 jest rozszerzona na cały budynek. Siatkę wykonuje się na każdym piętrze. Wszystkie konstrukcje przewodzące, betonowe zbrojenia i przewody odprowadzające odgromników muszą być ze sobą połączone, podobnie jak przewody uziemiające aparatów zabezpieczających przed przepięciami, przewody uziemiające anteny i wszystkie połączenia wyrównawcze. Cała sieć musi być połączona w fundamentach budynku. Rezystancja uziemienia musi być bardzo mała (<1 Ω). Takie rozwiązania stosuje się w silnych strefach burzowych oraz w przypadku konieczności zabezpieczania bardzo czułych urządzeń.

Ekwipotencjalność – poziom 4

Przewody ochronne (żółto-zielone) należy tak dobierać i podłączać, aby zapewnić ochronę osób zgodnie z wymogami normy IEC 60364-5-54. Nie można ich zastępować przez połączenia mas, ponieważ służą one do poprawy kompatybilności elektromagnetycznej urządzeń (nie należy wówczas stosować kolorystyki żółto-zielonej przewodów). Kolor przewodów do połączeń mas nie jest jeszcze znormalizowany, ale zwykle stosuje się kolor czarny. Wykorzystywanie metalowych elementów (elementów konstrukcji, rurek, tras kablowych) jako przewodów ochronnych jest niedozwolone.

Norma EN 50174-2 podaje zasady rozplanowania i prowadzenia instalacji wewnątrz budynków dla systemów okablowania strukturalnego.

Zakłócenia elektromagnetyczne (ciąg dalszy)

2 SEPARACJA ELEKTRYCZNA ZASILAŃ

Zasilanie urządzeń ze wspólnego źródła skutkuje tym, że urządzenia przenoszą między sobą zakłócenia. Jest to tzw. sprzężenie galwaniczne.

Nie należy więc zasilać przez jedną linię urządzeń, które mogą się nawzajem zakłócać. Urządzenia powodujące zakłócenia to silniki lub spawarki, a urządzenia szczególnie czułe na zakłócenia to urządzenia radiowe lub informatyczne.

Uwaga: Oddzielne zasilania (połączenie gwiaździste) mają tę wadę, że zmniejszają połączenia wyrównawcze między urządzeniami, jeśli nie jest ono wykonywane przez przewody ochronne (ekwipotencjalność poziomu 0). Oddzielne zasilania stosuje się więc wyłącznie w przypadku urządzeń, które nie komunikują się między sobą, które są bardzo czułe na zakłócenia lub które są źródłem silnych zakłóceń.

Taki układ jest możliwy, gdy niektóre części instalacji (które muszą być zabezpieczone) są zasilane przez UPS lub przez inne zasilanie awaryjne (patrz str. 36). Najczęściej zasila się przez transformatory separacyjne urządzenia o małej mocy czułe na zakłócenia .

Separacja obwodu przez transformator zapewnia ochronę przed porażeniem przy dotyku pośrednim (patrz str. 64), a ponadto transformator działa jak filtr napięcia zasilania.

Parametry tłumienia transformatorów

Skuteczność filtrowania przez transformator wyraża stosunek tłumienia (w dB) zakłóceń między uzwojeniem pierwotnym i wtórnym.

W trybie różnicowym (wspólny punkt uziemiający)

W trybie wspólnym

Parametry tłumienia transformatorów są związane z wielkością zakłóceń między uzwojeniem pierwotnym a wtórnym, między uzwojeniem pierwotnym a obwodem magnetycznym oraz między uzwojeniem wtórnym a obwodem magnetycznym. Wielkość zakłóceń zależy w dużej mierze od czynników fizycznych, takich jak stała dielektryczna między warstwami (parametr izolacji) i od wymiarów (kształtu i wysokości cewek).
Umieszczenie jednego lub kilku ekranów między uzwojeniem pierwotnym a wtórnym poprawia tłumienie. Ogólnie rzecz biorąc, poziom filtrowania jest bardzo dobry w trybie wspólnym, zdecydowana większość zakłóceń jest tłumiona do częstotliwości 1 MHz, a nawet powyżej w przypadku transformatorów o małej mocy (kilkuset VA). Skuteczność tłumienia maleje wraz z mocą, dlatego lepiej jest zasilać kilka czułych na zakłócenia urządzeń przez kilka małych transformatorów, niż zasilać wszystkie urządzenia przez jeden duży transformator.

Zakłócenia elektromagnetyczne (ciąg dalszy)

3 SEPARACJA GEOMETRYCZNA

Separacja elektryczna zasilań to jedno z podstawowych rozwiązań, jednak konieczne jest również wykonywanie separacji geometrycznej, aby ograniczyć sprzężenia pomiędzy liniami, które powodują zakłócenia oraz tymi, które są zakłócane. W praktyce separacja linii rodzi problem powstawania pętli oddziaływania magnetycznego o dużych powierzchniach, które mogą być źródłem napięć powodujących z kolei powstawanie pól magnetycznych. Natomiast nie można zmniejszyć pętli kosztem zmniejszania odległości między liniami.

Separacja geometryczna linii

Tworzenie pętli oddziaływania magnetycznego o dużej powierzchni

Zmniejszone powierzchnie pętli oddziaływania magnetycznego, ale linie biegną blisko siebie i powstaje ryzyko sprzężeń (diafonia)

Kompromis między zmniejszoną powierzchnią pętli i odległością między liniami

Należy uważać, aby przewody nie były od siebie zbyt oddalone (np. o kilka metrów).
Lepiej jest prowadzić blisko siebie wszystkie przewody (przewód masy, informatyczny i zasilania).

Należy oddzielać instalacje silno- i słaboprądowe.
W tym celu stosuje się przewody ekranowane oraz zachowuje minimalne odległości (patrz tabelka i schemat poniżej).

Minimalne odległości między kablami (mm)					
Kable energetyczne		Przewody			
		bez ekranu		z ekranem	
>32 A	bez ekranu	300	150	100	50
	z ekranem	150	100	50	0
≤32 A	bez ekranu	100	50	0	0
	z ekranem	50	0	0	0
Rodzaj kanałów doprowadzających przewody		niemetalowe	metalowe	niemetalowe	metalowe

Blisko źródła zakłóceń (np. silników lub świetlówek fluorescencyjnych).

Przecinanie się przewodów.

SPOSOBY ZABEZPIECZANIA PRZED ZAKŁÓCENIAMI ELEKTROMAGNETYCZNYMI

Zjawisko sprzęgania między przewodami zależy od kilku czynników:
- od częstotliwości zakłócającego sygnału,
- od długość wspólnej trasy przewodów,
- od odległości między przewodami.

Rodzaj przewodów wpływa bezpośrednio na sprzęganie:
- skrętka parowa ogranicza sprzężenie indukcyjne,
- ekran ogranicza sprzężenie pojemnościowe.
W przypadku prowadzenia przewodów ekranowanych nie jest wymagane zachowanie minimalnych odległości od mas. Natomiast przewody nieekranowane należy prowadzić blisko mas, aby uzyskać efekt redukujący zakłócenia.

Normy EN 50174-2 i IEC 60364 opisują jak wykonać fizyczną separację między sieciami energetycznymi i teleinformatycznymi. Kanały kablowe DLP doskonale spełniają kryteria zawarte w normach, ponieważ istnieje możliwość wykonywania w nich przegród między poszczególnymi obwodami.

^ Sposób ułożenia i separacja przewodów to podstawowe środki pozwalające na ograniczenie zakłóceń elektromagnetycznych.

Zakłócenia elektromagnetyczne (ciąg dalszy)

ŚRODKI OSTROŻNOŚCI, KTÓRE NALEŻY ZACHOWAĆ W ZESTAWACH ROZDZIELNIC, ABY UNIKNĄĆ ZAKŁÓCEŃ ELEKTROMAGNETYCZNYCH

Środki ostrożności, które należy przestrzegać przy instalowaniu urządzeń, są równie ważne jak parametry samych urządzeń. Przy wykonywaniu zestawów rozdzielczych należy stosować się do zasad podanych poniżej, gdyż nie da się poprawnie rozwiązać problemu kompatybilności elektromagnetycznej w przypadku zignorowania ich.

Obecnie większość norm dotyczących urządzeń uwzględnia również wymogi kompatybilności elektromagnetycznej (dyrektywa 89/336/CEE), a zgodność z normami potwierdza znak CE. Parametry samego urządzenia można łatwo potwierdzić za pomocą prób, ale nie jest to już takie oczywiste w przypadku zestawów urządzeń lub kompletnej instalacji – w tych przypadkach próby nie uwzględniają różnorodności instalacji i specyfiki otoczenia. Zgodność z wymogami norm zależy w tym wypadku od odpowiednich założeń, które przyjmuje się już na etapie projektu, a następnie w fazie realizacji. Założenia dotyczące instalowania zostały opisane na poprzednich stronach (sieć mas, separacja elektryczna i geometryczna); te same zasady obowiązują w przypadku zestawów.

1 EKWIPOTENCJALNOŚĆ

Ekwipotencjalność polega na utworzeniu wspólnego potencjału dla kilku elementów. Nie należy tego mylić z uziemieniem, które wykonuje się dla ochrony osób. Również inne jest pojęcie mas w przypadku zagwarantowania bezpieczeństwa i w przypadku kompatybilności elektromagnetycznej.
Z punktu widzenia normy masy to dostępne dla dotyku metalowe elementy, które mogą stać się niebezpieczne w momencie pojawienia się na nich napięcia, np. po uszkodzeniu izolacji przewodów. Niebezpieczna jest różnica potencjałów między masami, gdy jedna z mas jest uziemiona. W przypadku kompatybilności elektromagnetycznej pojęcie to jest szersze i wszystkie metalowe elementy, (również te niedostępne) takie jak konstrukcje, wsporniki itd., muszą mieć wspólny potencjał i być przyłączone do mas.
Elektronicy dobrze znają to zagadnienie i stosują je od dawna w urządzeniach informatycznych, w podłączeniach wsporników przy stosowaniu ekranów i kabli ekranowanych. W przypadku instalacji elektrycznych największa trudność polega na tym, że różne połączenia galwaniczne (zasilanie, przewód ochronny) zapewniają dobre połączenia wyrównawcze przy niskiej częstotliwości (jest to sprawdzane przy użyciu testów ciągłości zasilania), ale wraz ze wzrostem częstotliwości ich skuteczność maleje.

ŚRODKI OSTROŻNOŚCI, KTÓRE NALEŻY ZACHOWAĆ W ZESTAWACH ROZDZIELNIC, ABY UNIKNĄĆ ZAKŁÓCEŃ ELEKTROMAGNETYCZNYCH

Obliczanie impedancji przewodu przy dużej częstotliwości

$$Z \Rightarrow 2 \times \pi \times f \times L$$

Impedancja rośnie proporcjonalnie do częstotliwości f (w hercach, Hz) i indukcyjności L (w henrach, H) przewodu i jest bezpośrednio związana z długością M tego przewodu.
Indukcyjność liniowa (efekt self) fragmentu przewodu prostoliniowego wynosi około 1 µH/m. Może zmaleć do wartości od 0,1 do 0,5 µH/m w przypadku przewodów płaskich i krótkich (w oplocie), gdzie stosunek M/C ⩽ 5.

Należy zauważyć, że gdy przewody są zwinięte, indukcyjność liniowa może wzrosnąć do 10 µH/m – w tym przypadku impedancja jest jeszcze wyższa. Z kolei jeżeli przewód powrotny jest umieszczony blisko przewodu głównego (kształt agrafki), indukcyjność liniową dzieli się przez 3, dlatego należy grupować w jednym przedziale przewody zasilające i ochronne oraz ewentualnie prowadzić przewody masy jak najbliżej mas, do których te przewody są podłączone.

L = K x M (log2 × M/r)

L = K x M (log2 x M/B+C)

Wpływ kształtu przewodów na wartość względną indukcyjności

Kompatybilność elektromagnetyczna nakłada nowe wymagania dotyczące praktycznego wykonywania instalacji. Należy wykorzystać wszystkie dostępne metalowe elementy: elementy konstrukcji, wsporniki i szafy, aby zwiększyć ilość połączeń przy użyciu krótkich przewodów lub przez bezpośrednie połączenia, by obniżyć wartość połączenia wyrównawczego, zwłaszcza przy wysokiej częstotliwości. Zaleca się stosowanie możliwie jak najkrótszych (z oplotem) przewodów płaskich i prowadzenie ich jak najbliżej mas. Ich długość nie powinna przekraczać 1 m w przypadku instalacji przemysłowych (f < 1 MHz) i 0,5 m w instalacjach transmisji danych lub odgromowych (f < 100 MHz). Należy ograniczyć stosowanie przewodów okrągłych przy częstotliwościach mniejszych niż 10 MHz.
Prądy o wysokiej częstotliwości płyną blisko powierzchni przewodów (efekt naskórkowości). Grubość warstwy przewodu, przez którą płyną prądy przy wysokiej częstotliwości, wynosi w mm:

$$\delta = \frac{0{,}066}{f \times \mu_r \times \rho_r} \quad \text{(gdzie f jest wyrażone w MHz)}$$

np.: δ = 0,0066 mm przy 100 MHz.

Zakłócenia elektromagnetyczne (ciąg dalszy)

Obliczanie impedancji przewodów masy nie jest sprawą łatwą, gdyż pojęcie ekwipotencjalności jest zawsze tylko wartością względną w stosunku do impedancji obwodów, w których należy wykonać połączenia wyrównawcze przy odpowiedniej częstotliwości.
W obwodzie o średniej impedancji 100 Ω połączenie 1 Ω zapewnia podstawowy poziom ekwipotencjalizacji. Zmniejszenie w tym obwodzie połączenia do wartości 0,1 Ω nie będzie miało żadnego wpływu.

Wartość impedancji na przykładzie kilku przewodów

Przewody	do 1 MHz	do 100 MHz
20 cm przewodu w miedzianym oczkowym oplocie (S = 1 mm^2)	0,001 Ω	0,1 Ω
Konstrukcja i wspornik obudów XL^3	0,01 Ω	1 Ω
20 cm przewodu w miedzianym oplocie (S = 1 mm^2)	0,1 Ω	10 Ω
20 cm skrętki	0,5 Ω	50 Ω
1 m przewodu	5 Ω	500 Ω

Ekwipotencjalność lub rozdzielenie zakłóceń!

Jeśli żaden przewód masy nie łączy urządzeń (schemat 1), zakłócenia, które wpływają na aparat A (np. przepięcie), nie wpłyną lub wpłyną w sposób bardzo wytłumiony na aparat B, co ma pewien pozytywny skutek. Taka sytuacja powoduje powstanie różnicy potencjałów między aparatami i może zostać odczytana jako sygnał sterowania, zmiana wartości lub inny niepożądany sygnał.
W przypadku, gdy oba aparaty mają wykonane dobre połączenia wyrównawcze przez przewód masy (schemat 2), zakłócenie zostanie zrównoważone i zmniejszone. Potencjał będzie podniesiony w obu aparatach i nie dojdzie do awarii.
Dobrym przykładem z życia codziennego może być samochód, który łączy w sobie różne sygnały elektryczne (niskie napięcie dla oświetlenia, wysoka częstotliwość dla radia, sygnał cyfrowy sterowania, analogowe czujniki temperatury, wysokie prądy przy rozruchu, prąd stały w akumulatorze i przemienny w alternatorze). Wiąże się z tym wielość zakłóceń (przepięcia, wyłączenia prądu, zakłócenia kolektora silnika, wyładowania elektrostatyczne), które jednak nie wpływają na działanie samochodu. Wszystkie te elementy mają wspólny punkt: nieuziemioną masę auta.

ŚRODKI OSTROŻNOŚCI, KTÓRE NALEŻY ZACHOWAĆ W ZESTAWACH ROZDZIELNIC, ABY UNIKNĄĆ ZAKŁÓCEŃ ELEKTROMAGNETYCZNYCH

Obudowy produkcji Legrand zostały zaprojektowane tak, aby uniknąć kosztownych i skomplikowanych rozwiązań przy wykonywaniu połączeń wyrównawczych:
- metalowa konstrukcja umożliwia wykonanie solidnego potencjału odniesienia,
- cały system montażu urządzeń zapewnia doskonałą ciągłość z tym potencjałem,
- zastosowanie płyt montażowych i wsporników pokrywanych galwanicznie zapewnia bezpośredni styk z aparatami montowanymi na metalowej, przewodzącej konstrukcji wsporczej,
- stosowanie specjalnych wkrętów z podkładkami stykowymi o nr. ref. 0267 75/76 i klipsów o nr. ref. 0347 48/49 zapewnia dobry styk z malowaną lub perforowaną powierzchnią.

Typowe wartości rezystancji styku	
Pomiędzy wkrętem gwintowanym a płytą pełną	0,2 ÷ 0,3 mΩ
Pomiędzy wkrętami samogwintującymi a płytą pełną	0,3 ÷ 0,4 mΩ
Pomiędzy płytami pokrytymi galwanicznie	0,2 ÷ 0.25 mΩ
Pomiędzy wkrętem z podkładką stykową a płytą o powierzchni malowanej	0,3 ÷ 0,5 mΩ
Pomiędzy klipsem a malowanymi profilami szafy Altis	0,4 ÷ 0,6 mΩ
Pomiędzy wkrętem z podkładką płaską a powierzchnią płyty ocynkowanej elektrolitycznie	0,6 ÷ 0,8 mΩ

Uważa się, że wartości połączeń ekwipotencjalnych (mierzonych przy niskiej częstotliwości) nie powinny przekraczać 5 mΩ na styku i 20 mΩ w każdym punkcie konstrukcji o wymiarach ≤2 m. Wartości uzyskiwane w pomiarach wykonywanych na wszystkich elementach konstrukcyjnych i wspornikach w obudowach XL³ i Altis są znacznie niższe.

Wartości ekwipotencjalności konstrukcji szafy Altis[1]

Oznaczenie punktu	R (mΩ)
R/A	0,58
R/B	0,61
R/C	0,64
R/D	0,39
R/E	0,74
R/F	0,79
R/G	0,66
R/H	0,65
R/I	0,63
R/J	0,80
R/K	0,65

[1] Punkty pomiaru znajdują się na środku profili montażowych i wsporników poprzecznych.

Zakłócenia elektromagnetyczne (ciąg dalszy)

Pomiar rezystancji metodą „czterech przewodów"

Pomiar impedancji elementów przewodzących przy wysokiej częstotliwości jest bardzo trudny do wykonania. Pomiar taki wykonuje się przy niskiej częstotliwości, a pomiar małych wartości rezystancji wymaga użycia mikroomomierza z zastosowaniem metody „czterech przewodów". Metoda ta eliminuje wpływ rezystancji przewodów R_L i zacisków R_C na wynik pomiaru. Ich wartości mogą być znaczące w stosunku do rezystancji mierzonego elementu. Pomiar małych rezystancji metodą „dwóch przewodów" jest obarczony dużym błędem, gdyż przy tej metodzie dodawane są do wartości mierzonej rezystancje przewodów pomiarowych.

Generator zasilany napięciem U dostarcza prąd o wartości I w określonej postaci (∿ lub =). Woltomierz mierzy spadek napięcia U_X na zaciskach mierzonej rezystancji R_X i wskazuje wynik $R_X = U_X/I$. Wynik ten jest niezależny od innych rezystancji znajdujących się w obwodzie pomiarowym (rezystancji przewodów R_L, rezystancji zacisków pomiarowych R_C), a spadek napięcia na rezystancji R_X jest dużo mniejszy od napięcia dostarczanego przez źródło U.

2 SEPARACJA SZYN ZASILAJĄCYCH

W przeciwieństwie do tego, czego można by oczekiwać, głównym źródłem pola magnetycznego w zestawach rozdzielczych są nie urządzenia, takie jak transformatory czy styczniki, ale linie zasilające, które tworzą wiązki kabli i szyny zasilające. Indukują one prądy o częstotliwości sieci 50 Hz, o natężeniu proporcjonalnym do prądu w liniach zasilających i odwrotnie proporcjonalnym do odległości (w stosunku 1/r).
Indukowane sem mogą się tworzyć w całej pętli przewodzącej, którą obejmują te pola magnetyczne.
Przy tej samej odległości szyn wartość pola jest wyższa w zależności od szerokości szyn zasilających. Grupowanie szyn (kilka szyn równolegle na biegun) nie zmienia w znaczący sposób ukształtowania tego pola.
Przy podobnym prądzie oddziaływanie trójfazowej szyny zasilającej jest dwa razy słabsze niż oddziaływanie szyny jednofazowej, co potwierdza impedancja symetrycznego grupowania przewodów (patrz str. 497).
Obecność szyny neutralnej zmniejsza znacznie ogólne oddziaływanie pola. Bok szyny neutralnej jest w mniejszym stopniu narażony na działanie pól magnetycznych.

Kształtowanie się linii pola magnetycznego wokół szyn zasilających

ŚRODKI OSTROŻNOŚCI, KTÓRE NALEŻY ZACHOWAĆ W ZESTAWACH ROZDZIELNIC, ABY UNIKNĄĆ ZAKŁÓCEŃ ELEKTROMAGNETYCZNYCH

Poznanie rzeczywistych wartości zakłóceń elektromagnetycznych w rozdzielnicach jest istotnym elementem przy konstruowaniu urządzeń. Gama aparatów modułowych produkcji Legrand spełnia te wymogi (nawet znacznie powyżej wymagań norm).

Należy przestrzegać zasad dotyczących zachowania odległości między aparatami i szynami. Minimalna odległość rośnie wraz z mocą urządzeń i wynosi dla aparatów, takich jak:
- wkładki bezpiecznikowe, rozłączniki, elementy łączeniowe – brak wymogów odnośnie zachowania odległości,
- wyłączniki, wyłączniki różnicowoprądowe, przekaźniki, transformatory – co najmniej 30 cm,
- urządzenia elektroniczne i mierniki cyfrowe, systemy magistrali, zdalne sterowanie – co najmniej 60 cm.

Ponadto należy przestrzegać mocowania szyn w określonych pozycjach (układ krawędziowy), ich ułożenia blisko szyny neutralnej, a także większych odległości w przypadku montażu szyn zasilających o dużej mocy (>2500 A). Patrz str. 460: „Zjawiska magnetyczne związane z zestawami szyn zasilających".

Stałe pola wewnątrz szaf rozdzielczych

Stałe pola magnetyczne wewnątrz szaf rozdzielczych osiągają wartości o wiele za wysokie w stosunku do wartości zalecanych w normie EN 50082-1/2, a które wynoszą 3 A/m w domach mieszkalnych i 30 A/m w pomieszczeniach przemysłowych. Wartości te dotyczą środowiska na zewnątrz obudów (wartości wewnętrzne są znacznie wyższe). Należy pamiętać, że podczas zwarcia wartości te mogą znacznie wzrosnąć.

Natężenie (A)	Stałe pole $\vec{H}$ (w A/m) w zależności od odległości od środka zestawu szyn zasilających		
	Przy odl. 10 cm	Przy odl. 30 cm	Przy odl. 60 cm
90	165	35	10
160	300	65	15
400	750	160	45
630	1200	260	65
1600	3000	650	170

3 EKRANOWANIE OBUDÓW

W środowiskach, gdzie występuje wysoki poziom zakłóceń, lub blisko źródeł silnego promieniowania elektromagnetycznego (nadajniki, zasilacze, regulatory natężenia) niektóre aparaty mogą nie działać poprawnie.
Odpowiednim rozwiązaniem może być w takich przypadkach ekranowanie obudów. Należy jednak pamiętać, że opcja ta nie będzie skuteczna, jeśli nie zostaną zachowane podstawowe zasady kompatybilności elektromagnetycznej (ekwipotencjalizacja, separacja elektryczna, separacja geometryczna).

Przed zamontowaniem ekranowanych obudów należy sprawdzić, czy zostały zachowane podstawowe zasady:
- w instalacji (patrz str. 145): czy odseparowano zasilania i zachowane zostały odpowiednie odległości między urządzeniami, które wywołują zakłócenia, i urządzeniami, które są podatne na zakłócenia,
- w rozdzielnicach (patrz str. 154): czy zostały wykonane odpowiednie połączenia ekwipotencjalne i czy zostały zachowane odpowiednie odstępy między aparatami mocy.
Jeśli problem nadal się utrzymuje, należy najpierw rozważyć zastosowanie obudów metalowych (z gam rozdzielnic Altis, XL³, Atlantic) o podwyższonych parametrach (około 20 dB w szerokim zakresie częstotliwości), zanim zastosuje się obudowy ekranowane.

Zakłócenia elektromagnetyczne (ciąg dalszy)

Skuteczność ekranowania

Ekranowanie jest zjawiskiem złożonym, związanym z interakcją fal elektromagnetycznych z materiałem. Wzory obliczeń wynikają z równań Maxwella.

1. Fala padająca na ekran
2. Część fali zatrzymana przez odbicie
3. Cześć fali wchłonięta przez materiał i rozproszona w postaci ciepła
4. Część przenikająca na zewnątrz fali

Parametry ekranów różnią się w zależności od zastosowanych materiałów i częstotliwości.
Niskie częstotliwości o dużych polach magnetycznych są zwykle zatrzymywane przez absorpcję i wymagają użycia ekranów wykonanych z grubych materiałów (ze stali).
Wysokie częstotliwości, pole elektryczne, są odbijane przez materiały, które są dobrymi przewodnikami (miedź, aluminium, cynk).
Skuteczność ekranowania E = A + R.
Suma strat w wyniku absorpcji (A) i strat wynikłych z odbicia R:

$$A = k_1 \times e \sqrt{f \times \mu_r \times \rho_r}$$

$$R = 10 \times \log \left(\frac{\rho_r}{f \times \mu_r} \right)$$

gdzie:
e: **grubość materiału w mm,**
f: **częstotliwość w Hz,**
μ_r: **względna przenikalność magnetyczna,**
ρ_r: **przewodnictwo względne w stosunku do miedzi.**

Sposób wyznaczenia skuteczności ekranowania przez materiał:

ŚRODKI OSTROŻNOŚCI, KTÓRE NALEŻY ZACHOWAĆ W ZESTAWACH ROZDZIELNIC, ABY UNIKNĄĆ ZAKŁÓCEŃ ELEKTROMAGNETYCZNYCH

Skuteczność ekranowania wyposażonej obudowy jest trudna do określenia. Mają na to wpływ takie elementy, jak: otwory, uszczelki, elementy wsporcze, a nawet ich kształt i rozmiary. W praktyce podaje się poziom emisji lub odbioru zakłóceń bez obudowy (N_1), a następnie wraz z obudową (N_2). Różnica tych dwóch pomiarów określa poziom tłumienia.
Tłumienie wyrażone jest w postaci stosunku N_1 do N_2:

$$A = \frac{N_1}{N_2}$$

Jeżeli chcemy wyrazić tę wartość w decybelach:

$$A(dB) = 20 \times \log\left(\frac{N_1}{N_2}\right)$$

Poziomy tłumienia

Stosunek poziomów tłumienia N_1/N_2	Wartość wyrażona w dB
2	6
3	10
10	20
30	30
1 000	60
10 000	80
100 000	100

Typowe charakterystyki tłumienia

Szafa Altis

Szafa Altis ekranowana

Sposób wykonania rozdzielnicy może mieć wpływ na poziom ekranowania. Skuteczność ekranowania spada w momencie pierwszego „upływu" (otwarcie drzwi, przejścia kablowe). „Upływy" są szczególnie odczuwalne przy wysokiej częstotliwości i trudne do wykrycia. Ciągłość ekranowania wymaga metalicznego styku pomiędzy niemalowanymi powierzchniami. To dlatego łączenia ekranów są kosztowne i delikatne w trakcie użytkowania. Klipsy lub inne połączenia nie zapewniają styku między płytami, drzwiami itd.

Wpływ środowiska, rozpad i korozja

Narażenie na czynniki środowiskowe zmienia się wraz ze zmianą miejsca instalacji. Aparaty elektryczne i chroniące je obudowy powinny być odporne na ich działanie, tak aby zapewnić sobie jak najdłuższy okres funkcjonowania.

WARUNKI ŚRODOWISKOWE

Potencjalne czynniki degradacji zostały podzielone na dwie duże grupy:
- czynniki klimatyczne związane z temperaturą, nasłonecznieniem, wiatrem, opadami oraz wilgotnością,
- czynniki związane z użytkowaniem lub miejscem instalacji, których oddziaływanie zależy od rodzaju i zawartości czynników korozyjnych i zanieczyszczających, obecności wody lub kurzu (określone za pomocą stopnia ochrony IP), a nawet wpływu fauny, flory lub w niektórych przypadkach – pleśni.

Urządzenie powinno być odporne na warunki panujące w miejscu instalacji. Dlatego zabezpieczenie dotyczy bezpośrednio urządzenia, które powinno posiadać odpowiednie cechy (IP – szczelność obudowy, IK – odporność na udary, odporność na korozję itd.), i powinno być zapewnione poprzez:
- zabezpieczenie dodatkowe w postaci obudowy (rozdzielnice i szafy rozdzielcze),
- instalowanie w odpowiednim miejscu (np. w miejscu zacienionym, w pomieszczeniu lub w osłonie technicznej itd.).

Klasyfikacja warunków środowiskowych

Istnieje kilka znormalizowanych klasyfikacji warunków środowiskowych.
IEC 60364-5-51 proponuje kodyfikację dla niektórych czynników.
Temperatura otoczenia: np. kod AA (AA2 – bardzo niska temperatura: od –40°C do +5°C)
Temperatura + wilgotność: kod AB
Wysokość n.p.m/–: kod AC
Obecność wody: kod AD (np. AD 5 = IPX5)
Obecność ciał stałych: kod AE
Obecność substancji korozyjnych: kod AF
Warunki mechaniczne: kod AG (wstrząsy), kod AH (wibracje)
Obecność flory i pleśni: kod AK
Obecność fauny: kod AL
Wpływ elektromagnetyczny, elektrostatyczny lub jonizujący: kod AM
Promieniowanie słoneczne: kod AN
Efekty sejsmiczne: kod AP
Wyładowanie atmosferyczne: kod AQ

Poziom odporności oraz próby związane z obecnością wody, ciał stałych i ryzyka występowania wstrząsów zostały określone i dotyczą klasyfikacji urządzeń: stopnie ochrony IP i IK. Z kolei kryteria związane z czynnikami klimatycznymi lub innymi, bardziej specyficznymi (korozja, promieniowanie itd.) są trudne do klasyfikacji. W największym przybliżeniu norma IEC 60721 proponuje jednoczesną klasyfikację indywidualnych czynników środowiskowych: temperatury, wilgotności, ale również fal, zachlapań, piasku, błota lub gazu o działaniu korozyjnym wraz z ich wartościami lub typowymi poziomami. Proponuje także klasyfikację grup czynników środowiskowych umożliwiających charakterystykę wszystkich miejsc zastosowania lub instalowania: magazynowanie, transport, stanowiska zacienione, stanowiska zewnętrzne, pojazdy, statki itd.
Norma IEC 60364-5-51 określa w rozdziale 512 klasyfikacje pracy urządzeń zależnie od warunków pracy i wpływów zewnętrznych.

1 WARUNKI INSTALOWANIA

Instalacje zewnętrzne

Wybierając urządzenia i obudowy, należy najpierw przeanalizować warunki klimatyczne panujące w danym miejscu (patrz mapa).

Oprócz stałych cech klimatu trzeba uwzględnić także czynniki specyficzne, które mogą ulec zmianie wraz z klimatem. Pomimo różnorodności i złożoności tych czynników możemy je podzielić na pięć kategorii lub „środowisk".

- **Środowisko wiejskie:** charakteryzuje je brak czynników korozyjnych w znaczącej ilości, oprócz wilgotności.
- **Środowisko miejskie**: charakteryzuje je klimat na przemian wilgotny i suchy, obecność sadzy, kurzu, węglowodorów, tlenku azotu, tlenku węgla, metali ciężkich i dwutlenku siarki wytwarzanych w związku z ruchem samochodowym. W środowisku tym obserwujemy znaczny wzrost efektów korozji.
- **Środowisko przemysłowe**: warunki agresywne spowodowane głównie zawartością związków siarki (H_2S, SO_2) i fluorowców (HCl).
- **Środowisko morskie**: korozja spowodowana agresywnym działaniem soli (chlorków) oraz wysokim stopniem wilgotności. Czynniki te występują nad brzegiem morza (nadbrzeże, molo itp.) oraz na pełnym morzu (statki, platformy itp.).

Klimaty

Istnieje kilka klasyfikacji istniejących klimatów. Klasyfikacja francuskiego geografa Emmanuela de Martonne'a (1873-1955) określa lokalny klimat wg nazw regionów, w których występuje i dla których zebrano dane meteorologiczne dotyczące temperatury, nasłonecznienia, opadów i względnej wilgotności. Klimaty lokalne grupowane są w typy wg charakterystycznych cech: tropikalny wilgotny, suchy, półpustynny, pustynny, umiarkowany wilgotny (większość Europy), chłodny wilgotny, wilgotny bardzo chłodny.

Tropikalny wilgotny
gwinejski – oceaniczny
annamski – sudański
bengalski – hawajski

Pustynny
peruwiański – saharyjski
pendżabski

Chłodny
spitsbergeński – islandzki

Suchy
ukraiński – patagoński
syryjski – turkmeński

Umiarkowany wilgotny
helleński – danubijski – lotaryński
bretoński – norweski – portugalski
kantoński

Tundra
arktyczny – islandzki
antarktyczny – angaryjski

Półpustynny
senegalski – aralski

Chłodny umiarkowany
missuryjski – polski
arkadyjski – syberyjski
mandżurski – jakucki

Góry
alpejski – gór Atlas – himalajski
tybetański – boliwijski
meksykański – kolumbijski

Wpływ środowiska, rozpad i korozja (ciąg dalszy)

■ **Środowisko tropikalne:** upał i wilgotność, ale także pleśń, mikroorganizmy i insekty utrudniają działanie urządzeń.
Aby dobrać stopień ochrony IP urządzenia, należy wziąć pod uwagę szkodliwy wpływ czynników klimatycznych. Trzeba rozróżnić urządzenia osłonięte przed bezpośrednimi opadami deszczu i działaniem słońca (okap, otwarty hangar) oraz te, które są narażone bezpośrednio na skrajne zmiany pogodowe.

< Szafki Atlantic Inox: ochrona w najtrudniejszych warunkach.

Instalacje wewnętrzne

Warunki wewnętrzne klasyfikujemy w zależności od ogrzewania (regulowane, klimatyzowane itd.), wilgotności, wentylacji (podziemne niewentylowane, wentylowane), efektów absorpcji lub sposobu zamknięcia.

W praktyce można wyróżnić trzy główne klasy.

■ **Wnętrze suche:** charakterystyczne dla pomieszczeń ogrzewanych zimą i pozbawionych skraplania oraz wilgotności; do tej klasy zwykle zaliczamy pomieszczenia mieszkalne, usługowe oraz hale montażowe.

■ **Wnętrze wilgotne:** charakterystyczne dla pomieszczeń stale wystawionych na wilgoć i skraplanie (wnętrza hangarów, magazyny zamknięte, nieogrzewane podziemia itp.). Na tym poziomie umieszczamy również wnętrze obudowy zamkniętej, znajdującej się na zewnątrz (skrzynie, kontenery, kabiny).

■ **Wnętrze agresywne:** obecność czynników zanieczyszczających lub korozyjnych, ewentualnie wilgotności oraz wody (przemysł rolno-spożywczy, fabryki chemiczne, hodowle itd.).

< Szafy Altis: przeznaczone do suchych i wilgotnych pomieszczeń przemysłowych.

< Szafy i szafki Altis Inox: przeznaczone do instalowania w ekstremalnych warunkach.

2 WARUNKI EKSPOZYCJI

Promieniowanie słoneczne

Zjawisko starzenia spowodowane promieniowaniem słonecznym jest bardzo skomplikowane i trudne do odtworzenia w laboratorium. Dochodzą do tego inne czynniki, takie jak temperatura, wilgotność oraz czynniki chemiczne. Obserwujemy wtedy zmiany koloru lub połysku, a nawet zmiany cech fizycznych materiałów.
W praktyce produkty wytwarza się z materiałów odpornych na promieniowanie słoneczne, jeśli mają być na nie narażone.
W niektórych, skrajnych przypadkach konieczne jest dodatkowe przeprowadzanie prób, np.:
- w przypadku montażu instalacji powyżej 2000 m,
- gdy występuje znaczne nasłonecznienie (2400 h/r),
- gdy instalacja znajduje się w pobliżu źródeł światła, które emitują promieniowanie UV o dużym natężeniu (np. świetlówki fluorescencyjne).

Normy dotyczące promieniowania słonecznego

Wśród dokumentów normatywnych dotyczących promieniowania słonecznego i prób należy wymienić:
IEC 60068-2-5: sztuczne promieniowanie słoneczne na poziomie ziemi
IEC 60068-2-9: norma dotycząca prób promieniowania słonecznego
EN ISO 11341: metody ekspozycji na lampę łukową ksenonową
ISO 4892-3: metody ekspozycji na źródła światła w laboratoriach: świetlówki fluorescencyjne UV

Cechy promieniowania słonecznego

Promieniowanie słoneczne charakteryzuje pewien poziom energii (wyrażony w W/m²) oraz spektrum emisji (długość fal λ).
Promieniowana energia zależy od regionu (szerokości geograficznej), przejrzystości powietrza (ponad miastem) i oczywiście od obecności chmur.
Energia ta charakteryzuje się wartością chwilową (wyrażoną w W/m²) lub zrównoważoną czasu ekspozycji – dziennej, miesięcznej lub rocznej.

Poza klimatem tropikalnym lub pustynnym maksymalne typowe wartości w południe, gdy niebo jest bezchmurne, wynoszą od 1050 W – w dużych miastach, 1120 W – na równinach i 1180 W – w górach.
Wartość ekspozycji energetycznej dziennej pod 45° szerokości geograficznej północnej wynosi 7,45 kWh/m².
Promieniowanie elektromagnetyczne słońca pokrywa na powierzchni ziemi znacznie szerszy zakres w paśmie długości fal od 0,3 do 4 µm (z maksimum w paśmie widocznym od 0,4 do 0,8 µm).
Promieniowanie może wpływać na materiały głównie przez ogrzanie (efekt podczerwieni, λ > 0,8 µm) lub fotodegradację (efekt promieni ultrafioletowych, λ < 0,4 µm). Ta ostatnia objawia się odbarwieniem, zmętnieniem powierzchni, a nawet spękaniem lub rozpadem.

Wpływ środowiska, rozpad i korozja (ciąg dalszy)

Kurz

Liczne obszary działalności człowieka (ruch samochodowy, przemysł, rolnictwo, roboty publiczne itd.), jak również przyroda (ziemia, piasek, pyłki) mogą generować kurz lub wytwarzać go w połączeniu z wilgocią. W efekcie przenikanie kurzu do urządzeń elektrycznych powoduje zakłócenia w funkcjonowaniu, usterki w izolacji, a nawet zwarcia.
Często usterki te, pozornie niezauważalne, powstają z czasem na skutek zaniedbań.
Okresy funkcjonowania i przerw w pracy, ciśnienie, podciśnienie wywierane na obudowę sprzyjają przenikaniu kurzu, którego ogromne ilości są przenoszone za pośrednictwem systemów wentylacyjnych. Filtry nie są w stanie wszystkiego zatrzymać, dlatego powinny być regularnie czyszczone.

W środowiskach bardzo zanieczyszczonych (lub zakurzonych) przenikanie cząsteczek do obudowy można zahamować, utrzymując we wnętrzu lekkie nadciśnienie w stosunku do otoczenia. Ułożenie, poziom ciśnienia oraz przepływ i środki ostrożności w fazie realizacji projektu są opisane na str. 178.

Pomieszczenia ruchu elektrycznego, obudowy i osłony techniczne powinny być regularnie czyszczone. Częstotliwość czyszczenia należy ustalić w zależności od warunków lokalnych, jednak nie powinno ono odbywać się rzadziej niż raz na dwanaście miesięcy.

Stopień ochrony

IP (stopień ochrony) określa poziom ochrony urządzeń. Norma EN 60529 określa próby, które są niezbędne do jego sprawdzenia. Poziom dostępu do niebezpiecznych części, który podaje pierwsza cyfra lub dodatkowa litera, nie został uwzględniony w tej tabeli. Patrz str. 520.

Ochrona przed ciałami stałymi: próba talku zgodna z normą EN 60529.

Pierwsza cyfra: ochrona przed ciałami stałymi

IP	Próby	
0		Brak ochrony
1	Ø 50 mm	Ochrona przed ciałem stałym o średnicy powyżej 50 mm
2	Ø 12,5 mm	Ochrona przed ciałem stałym o średnicy powyżej 12,5 mm
3	Ø 2,5 mm	Ochrona przed ciałem stałym o średnicy powyżej 2,5 mm (narzędzia, śruby)
4	Ø 1 mm	Ochrona przed ciałem stałym o średnicy do 1 mm (małe narzędzia, drobne przewody)
5		Ochrona przed pyłem (bez szkodliwego osadu)
6		Całkowita ochrona przed pyłem (pyłoszczelne)

Druga cyfra: ochrona przed cieczami

IP	Próby	
0		Brak ochrony
1		Ochrona przed pionowym spadaniem kropel wody
2	15	Ochrona przed pionowo padającymi kroplami wody przy odchyleniu do 15° w każdą stronę
3	60	Ochrona przed natryskiem wody; z dowolnego kierunku
4		Ochrona przed bryzgami wody z dowolnego kierunku
5		Ochrona przed strugą wody z dowolnego kierunku
6		Ochrona przed silną strugą wody z dowolnego kierunku
7	1 m, 15 cm min.	Ochrona przed skutkami zanurzenia
8	x m	Ochrona przed skutkami ciągłego zanurzenia w wodzie

< Idealnym rozwiązaniem podczas upału i w okresach nadmiernego występowania kurzu są klimatyzatory firmy Legrand.

Wymienniki powietrze/powietrze firmy Legrand (4 modele od 14 W/°C do 80 W/°C) pozwalają na skuteczne chłodzenie nawet w najbardziej zapylonym środowisku.

Ogólne zasady wyboru pierwszej cyfry IP w zależności od lokalizacji

- IP2X: pomieszczenia mieszkalne i usługowe, w których nie występują znaczne ilości kurzu i w których nie używa się małych elementów. Dotyczy to również wielu pomieszczeń technicznych.
- IP3X: pomieszczenia lub lokale przemysłowe i podobne (garaże, warsztaty), gdzie używane są małe przedmioty (śruby, narzędzia itp.), np. maszynownie, hale (montażowe, produkcyjne, mechaniczne), oraz lokalizacje zewnętrzne, takie jak: kempingi, składy, ulice, podwórza, ogrody, place targowe itp.
- IP4X: warunki identyczne jak wyżej, a dodatkowo obecność mniejszych ciał obcych (druty, słoma itp.) oraz pomieszczenia hodowlane, pracownie robót precyzyjnych itp.
- IP5X i IP6X: pomieszczenia, w których występują duże (5X) lub bardzo duże (6X) ilości kurzu, takie jak: magazyny pasz, strychy, stodoły, zbiorniki, pracownie włókiennicze, pracownie stolarskie, kamieniołomy, cementownie, magazyny (nawozów, tworzyw sztucznych), cukrownie itp.

Wpływ środowiska, rozpad i korozja (ciąg dalszy)

Wilgotność

O ile sposoby przemieszczania się wody (spadające krople, deszcz, strumień itp.) są łatwe do zidentyfikowania, a środki ochrony dobrze skodyfikowane, o tyle kondensacja wilgotności z powietrza może pociągnąć za sobą nieprzewidziane szkody. Skondensowana woda może występować w dużych ilościach i spowodować negatywne skutki.

Dotyczy to zwłaszcza urządzeń narażonych na cykliczne zmiany temperatury.

Na zewnątrz: zmiany pór roku, ochłodzenia nocne, burze, zacienienia następujące po nasłonecznieniu.

Wewnątrz: cykle funkcjonowania i przerwy w działaniu, mycie w zimnej wodzie, przerwy w ogrzewaniu, zmiany temperatur w niektórych pomieszczeniach (np. w przemyśle papierniczym lub rolno-spożywczym).

< Próba w komorze klimatycznej, która umożliwia odtworzenie warunków wilgoci i kondensacji.

Jednym z wielu składników powietrza jest woda pod postacią gazu, czyli para wodna, której nie należy mylić z zawiesiną wodną (np. mgłą lub oparami). Wilgotnością absolutną Q nazywamy masę wody w postaci gazu (para) występującą w danej ilości powietrza. Q wyraża się w kg wody na kg suchego powietrza. Dana masa powietrza może zawierać dla danej temperatury tylko maksymalną ilość wody nazywaną maksymalną wilgotnością absolutną QM. Poza tą ilością powietrze jest nasycone i para przechodzi w stan płynny. Jest to zjawisko kondensacji. Ten punkt nasycenia nazywamy punktem rosy (przez analogię z poranną rosą). Im powietrze jest cieplejsze, tym więcej może zawierać wody w postaci pary. W ten sposób otrzymujemy krzywą – zwaną krzywą rosy, określającą ilość wody w postaci pary, którą może zawierać powietrze w zależności od temperatury.
W praktyce używane jest często pojęcie wilgotności względnej HR (lub stopnia higrometrycznego); wyraża ono stosunek (w %) ilości Q pary wodnej obecnej w powietrzu w danej temperaturze (wilgotność absolutna) do maksymalnej ilości QM, którą może zawierać powietrze w tej temperaturze.
HR (%) = Q/QM x 100. Znając QM (krzywa rosy), można obliczyć wilgotność względną dla różnych temperatur i zdefiniować wykres krzywych zwany diagramem Molliera. Wykres pokazuje, że dla danej wilgotności absolutnej wilgotność względna jest odwrotnie proporcjonalna do temperatury. Na wykresie przykład krzywej, gdzie 1 kg powietrza (około 1 m³) przy 30°C i 80% HR zawiera 0,022 kg pary wodnej.

Jeżeli powietrze jest podgrzane do temperatury 35°C, ilość wody nie zmienia się, natomiast wilgotność względna wynosi tylko 60%.
Jeżeli ta sama objętość powietrza zostanie schłodzona do temperatury 27°C, wilgotność względna wynosi 100% – osiągnięty został punkt rosy.
Różnica temperatury (3°C w przykładzie) nazywana jest „odchyleniem psychrometrycznym". Jeżeli to samo powietrze zostanie schłodzone do temperatury 20°C, wilgotność absolutna wyniesie 0,015 kg. Kondensacja masy wody będzie więc równa 0,022 – 0,015 = 0,007 kg, czyli woda zawarta w powietrzu przejdzie w stan płynny.

Aby uniknąć kondensacji, należy utrzymywać wilgotność względną przy wartości mniejszej od 100%. Temperatura nie może więc być niższa od punktu rosy. Dla każdego przypadku należy znać dokładnie parametry, a także wpływ ciepła produkowanego przez urządzenie.
Charakterystyczne dla klimatu francuskiego są następujące wartości:

Sezon	Temp. kondensacji (punkt rosy)	Temp. minimalna nocna	Δt
Zima	+4°C	-5°C	+9°C
Wiosna Jesień	+18°C	0°C	+18°C
Lato	+28°C	+20°C	+8°C

Wartość Δt oznacza różnicę pomiędzy temperaturą minimalną w nocy a temperaturą punktu rosy. Jest to minimalna wartość ciepła wymagana do uniknięcia kondensacji. Poniższe charakterystyki pozwalają określić moc grzewczą, w zależności od Δt i powierzchni rozproszenia S_c obudowy (patrz obliczanie S_c – str. 225).
Rezystory grzejne o nr. ref. 0348 00/01/02 posiadają funkcję autoregulacji. Mogą działać razem z termostatem (nr ref. 0348 47).

Moc grzewcza w zależności od Δt

< Rezystory grzejne firmy Legrand o mocy od 20 do 350 W, sterowane termostatem lub higrostatem umożliwiają sprawną regulację temperatury w obudowie.

Zasada obliczania mocy grzewczej:
- pomieszczenia zamknięte, nieogrzewane: 0,4 W/dm³ objętości obudowy,
- instalacje zewnętrzne: 1 W/dm³ objętości obudowy.

Oprócz rezystorów grzejnych zaleca się instalowanie zestawów wentylujących wewnętrznych w dużych obudowach lub o dużym zagęszczeniu aparatów. Zaleca się również montaż sygnalizacji otwartych drzwi w obudowach często otwieranych.

Rola urządzeń sterujących

- **Termostat (najbardziej popularne urządzenie) zapewnia utrzymanie minimalnej temperatury (załączanie rezystorów grzewczych w niskiej temperaturze). Zwykle unika się kondensacji, ale możliwe jest niepożądane działanie (np. wpływ zimnego i suchego powietrza). Zaleca się instalowanie termostatu, gdy różnica pomiędzy minimalną i maksymalną temperaturą otoczenia jest znaczna (10°C).**
- **Higrostat umożliwia dokładne sterowanie rezystorami w zależności od wartości względnej wilgotności. Zapobiega kondensacji, ale nie zapewnia utrzymania minimalnej temperatury, niezbędnej do funkcjonowania niektórych urządzeń (np. elektronicznych).**
- **Higrotermostat łączy zalety termostatu i higrostatu, umożliwiając optymalne sterowanie. Dwa niezależne styki pozwalają na skoordynowane sterowanie wentylatorem i rezystorem grzewczym.**

Wpływ środowiska, rozpad i korozja (ciąg dalszy)

Przenikanie wody

Z wilgocią trudno jest walczyć z powodu jej postaci gazowej (para wodna). Również woda w postaci płynnej nie powinna przenikać do urządzeń elektrycznych. Korozja, niszczenie styków, niedostateczna izolacja mogą spowodować zgubne skutki i należy ich unikać, żeby zapobiec starzeniu się urządzeń.
Aby uniknąć bezpośredniego przenikania wody w postaci płynnej, należy wybierać urządzenia i obudowy, których stopień ochrony dostosowany jest do miejsca instalacji.

^ Próba zabezpieczenia przed wnikaniem rozbryzgiwanej wody IPX6.

Ogólne zasady wyboru drugiej cyfry IP w zależności od lokalizacji

- **IPX1: należy stosować w pomieszczeniach, w których wilgoć kondensuje się okazjonalnie w postaci kropli wody. Wilgotność (para wodna) może utrzymywać się przez długi czas (piwnice, komórki, pralnie, toalety, suszarnie, sutereny, werandy, laboratoria, kotłownie, pracownie, garaże, indywidualne umywalnie, składy materiałów łatwopalnych, niektóre magazyny itp.).**
- **IPX2: należy stosować w pomieszczeniach, w których krople wody nie padają pionowo z powodu wiatru (np. kryte tarasy) lub gdy urządzenia zainstalowane są w pozycjach dla nich nieprzewidzianych (np. wskutek zachwianej równowagi).**
- **IPX3: należy stosować w pomieszczeniach, w których woda cieknie po ścianach i podłodze (pralnia domowa, sanitariaty, stanowiska z parą lub gorącą wodą, pomieszczenia do ładowania akumulatorów, magazyny alkoholu, szklarnie, magazyny nawozów, detergentów, klejów, spirytusów, lakierów itp.).**
- **IPX4: należy stosować w pomieszczeniach, w których urządzenia są narażone na rozbryzgiwanie wody (masarnie, sklepy nabiałowe, produkcja masy papierniczej, rafinerie itp.). Ten oraz powyższe punkty dotyczą również lokalizacji zewnętrznych odkrytych (ulice, podwórza, ogrody, tarasy itp.).**
- **IPX5: należy stosować w pomieszczeniach mytych zwykle przy użyciu natrysku (podwórza, ogrody, miejsca do hodowli drobiu, chlewy, obory, pomieszczenia do udoju, stajnie, kamieniołomy, pomieszczenia, w których znajdują się taśmociągi, mleczarnie, myjnie, rzeźnie, farbiarnie, garbarnie, miejsca do wyładunku itd.).**
- **IPX6: należy stosować w obiektach narażonych na kontakt z falami czy uderzeniem wody morskiej (molo, plaże, bulwary itp.).**

Próby szczelności wymagane przez normę EN 60529 przeprowadzane są w przypadku instalacji przeznaczonych dla klimatu umiarkowanego. Przypadki szczególne mogą wymagać spełnienia innych, bardziej surowych warunków, np.: zalewania wodą w przypadku instalacji wychodzących w morze, mycia pod dużym ciśnieniem (kärcher™), formowania lodu, a nawet działania pod lodem czy obciążenia śniegiem.

Zarówno deszcz, jak i śnieg mogą być przenoszone przez wiatr i przenikać do obudowy urządzenia nawet przez bardzo małe szczeliny. Możliwość przenikania jest tym większa, im produkt znajduje się bliżej powierzchni (ziemi) lub przegrody (ściany, przepierzenia, słupy itd.), w pobliżu których występują zawirowania powietrza (różna prędkość wiatru). Minimalny stopień ochrony IPX4 dla produktów zainstalowanych na zewnątrz nie jest wystarczający, aby odpowiadał tym warunkom. Niezbędne są wtedy urządzenia dodatkowe (okap, daszek, obrzeże, nakrycie, przegroda itp.) lub zastosowanie szczelniejszych urządzeń o stopniu ochrony IPX5.

Mycie pod dużym ciśnieniem

Mycie pod dużym ciśnieniem lub metodą Kärcher™ (nazwa ta weszła do języka potocznego) stosuje się obecnie we wszystkich dziedzinach. Różnorodność tych urządzeń jest duża i są one przystosowane do wszelkiego rodzaju potrzeb: maszyny do użytku publicznego, maszyny do użytku profesjonalnego, maszyny o dużej wydajności do ciężkich prac (budynki, maszyny itp.), maszyny do trudnych prac (rolne, leśne), czyszczenie przed malowaniem i odnawianiem, maszyny o bardzo dużej wydajności do intensywnego użytku i skomplikowanego czyszczenia (przemysł, składy, powierzchnie do magazynowania, ulice, place itd.). Mycie w ciepłej wodzie z użyciem środków czyszczących, dezynfekujących, a nawet w fazie parowej stosowane jest w licznych branżach, w tym w branży rolno-spożywczej. Oprócz możliwości stosowania różnych środków czyszczących te urządzenie wyróżniają dwie cechy: ciśnienie wody na wyjściu z dyszy (wynosi od 20 do 200 barów) oraz wydajność (od 5 l/min do 30 l/min). Mycie takie to rodzaj mycia strumieniem wody pod „ciśnieniem uderzeniowym". Dlatego też wszystkie urządzenia elektryczne zainstalowane w pomieszczeniu, w którym przeprowadza się takie mycie muszą spełniać odpowiedni wymóg szczelności.

Mycie pod dużym ciśnieniem > w przemyśle rolno-spożywczym. Maszyny, urządzenia i gniazda muszą spełniać specjalne warunki szczelności i odporności.

Wpływ środowiska, rozpad i korozja (ciąg dalszy)

Norma EN 60529 opisująca stopnie ochrony (stopnie IP) nie definiuje próby szczelności reprezentatywnej dla mycia pod dużym ciśnieniem. Norma DIN 40050 proponuje tylko poziom prób dla pojazdów drogowych.
NordTest NT Elec023 "Tightness against water jets originating from high pressure cleaning processes" proponuje metodę kalibrowania ochrony na podstawie pomiaru „ciśnienia uderzeniowego" przez szczelinę, w którą wtryskiwana jest woda.
Definicja próby pod wysokim ciśnieniem jest skomplikowana ze względu na różnorodność maszyn do mycia pod wysokim ciśnieniem oraz zmienność warunków.
Specyfikacje wewnętrzne firmy Legrand wyróżniają sześć poziomów od 20 kPa do 200 kPa, według których klasyfikowane są obudowy.

^ Urządzenie do kalibrowania umożliwiające pomiary ciśnienia uderzeniowego według metody NordTest NT Elec023.

Środowiska agresywne

Oprócz lokalnych warunków klimatycznych (patrz str. 163) należy wziąć pod uwagę także cechy charakterystyczne dla miejsca instalacji. Skażenie środowiska naturalnego może być spowodowane odpadami chemicznymi związanymi z działalnością przemysłową, używaniem pojazdów silnikowych i ogrzewaniem, jak również roztworami solnymi nad morzem. Także inne substancje: grzyby, pleśnie itp. mogą przenikać do środowiska. Istnieje więc nie jedno, ale wiele środowisk, w których trudno jest zdefiniować i zmierzyć aktywne czynniki środowiskowe biologiczne, chemiczne lub klimatyczne. Ponieważ zmiany zachodzące w środowisku są procesem naturalnym, doświadczenie odgrywa istotną rolę przy wyborze produktu i jego cech, nawet jeżeli sformułujemy ogólną charakterystykę dla środowiska przemysłowego, morskiego czy tropikalnego.

Wskaźnik „silnej kwasowości"

Aby oszacować działanie korodujące środowiska o charakterze kwasowym (typ przemysłowy lub miejski), możemy posłużyć się „wskaźnikami silnej kwasowości" określonymi dla danego miejsca. Dane te można otrzymać w stacjach meteorologicznych lub miejscowych organach kontroli skażenia. Średnie wskaźniki poniżej 50 µg/m³ dotyczą miejsc mało lub w ogóle niezanieczyszczonych (poziom 1), wskaźniki od 50 do 100 µg/m³ – miejsc zanieczyszczonych (poziom 2), a wskaźniki powyżej 100 µg/m³ miejsc silnie zanieczyszczonych (poziom 3). Istnieją powiązania między tymi poziomami a tendencją do korozji obudów znajdujących się na zewnątrz.

Szafki Atlantic i szafy Altis zostały przystosowane do narażenia stałego na poziomie 1 i czasowego na poziomie 2.
Obudowy Marina lub Atlantic Inox 304 L zostały przystosowane do narażenia stałego na poziomie 2 i czasowego na poziomie 3. Narażenie stałe na poziomie 3 wymaga stosowania obudów typu Inox 316 L.

Środowisko przemysłowe

W środowisku przemysłowym występują w zmiennej ilości tlenki azotu, tlenki węgla, węglowodory, pochodne siarki (dwutlenek siarki SO_2, siarkowodór H_2S), chlor, amoniak, ozon oraz fluorowce wodoru (bromki, fluorki, jodki). Strefy silnie zanieczyszczone są bardzo podatne na korozję. Tlenki siarki (działalność przemysłowa i grzewcza) oraz tlenki azotu (transport) są głównymi przyczynami kwaśnych deszczy.
Chlor w powiązaniu z wodą też stanowi czynnik korodujący żelazo i stale nierdzewne, zaś amoniak działa niszcząco na stopy miedzi. Także wszystkie fluorowce, również te o niskiej koncentracji, są silnie korodujące. Szkodliwy wpływ tych substancji zwiększają temperatura oraz wilgoć.

Środowisko morskie

Cechuje je stała obecność wilgoci oraz czynników chemicznych, takich jak chlorki sodu i magnezu oraz siarczany. Chlorki stanowią poważne zagrożenie z powodu powstawania wżerów. Brak ciągłości w warstwie ochronnej powoduje działanie na metal w warstwie głębszej. Zaleca się więc używanie tylko materiałów odpornych na działanie korozji (stal nierdzewna, aluminium, materiały plastyczne lub kompozyty). Żelazo może być stosowane tylko po uprzednim pokryciu i wyizolowaniu od otoczenia – przez obróbki, takie jak galwanizacja lub pokrycie farbą wielowarstwową (regularnie odnawiane, np. w przypadku kadłubów).

Warunki charakteryzujące środowisko morskie wciąż się zmieniają, a efekty korozji często spowodowane są przez rozbryzgiwaną wodę. Mogą być one bezpośrednie (zachlapania) lub przenoszone przez wiatr. Dlatego nad morzem należy uwzględnić zwłaszcza ten ostatni czynnik. Generalnie brzydka pogoda (deszcze, burze) wpływa na zwiększenie skutków korozji.

Wpływ środowiska, rozpad i korozja (ciąg dalszy)

Środowisko na platformach wiertniczych na pełnym morzu

Mimo że zostało zdefiniowane jako specyficzne, łączy warunki panujące w środowisku przemysłowym (gazy korodujące) oraz morskim (wilgoć, sole). Z tego też względu należy starannie dobierać rozwiązania. Zaleca się użycie stali nierdzewnej z molibdenem (316 L). Minimalna wymagana grubość cynku wynosi 100 µm. Zalecane są również stopy z aluminium (alucynk) lub czystego aluminium (Alupur®). Także niektóre metale, np. miedź, narażone są na niszczenie, dlatego wymagane są specjalne stopy brązu.

^ Platforma wiertnicza: szczególnie surowe warunki korodujące i klimatyczne.

Środowisko tropikalne

Do czynników wpływających na funkcjonowanie i wytrzymałość urządzenia elektrycznego zainstalowanego w klimacie tropikalnym zaliczamy:
- temperaturę,
- wilgotność oraz zjawisko kondensacji,
- pleśń i mikroorganizmy,
- insekty i termity,
- promieniowanie słoneczne,
- wiatry oraz przenoszony przez nie kurz i piasek.

Wilgoć jest z pewnością najważniejszym czynnikiem długo- i krótkoterminowego niszczenia (uszkodzona izolacja, korozja, blokada mechanizmów). Nie bez znaczenia jest tutaj także tworząca się rosa (o wiele bardziej obfita), zwłaszcza gdy występuje w przestrzeniach zamkniętych. W sprzyjających warunkach klimatu tropikalnego (duża wilgoć i temperatura) o wiele szybciej rozwijają się pleśnie. Pojawiają się na materiałach organicznych (drewno, tworzywa sztuczne, włókna itp.), ale również na powierzchniach metalicznych, jeżeli są one pokryte kurzem, stanowiącym pożywkę dla pleśni. Równie trudne do przewidzenia mogą być uszkodzenia dokonane w ziemi przez insekty (kable ziemne).

Z instalacjami w klimacie tropikalnym (a zwłaszcza równikowym) wiążą się różne złożone problemy. Aby temu zaradzić, można zastosować farby lub lakiery grzybobójcze, preparaty przeciw insektom (termity) lub inne zabezpieczenia (siatka przeciwko zwierzętom).
We wszystkich tych przypadkach niezbędna jest jednak dobra wentylacja urządzeń, aby ograniczyć rozmnażanie się bakterii, efekty korozji, niszczenie izolacji. Przy stosowaniu rezystorów grzewczych (żel krzemionkowy) zaleca się stosowanie wentylatorów.

Istnieją metody badań umożliwiające sprawdzenie podatności na niektóre pleśnie, charakterystyczne dla klimatu tropikalnego (*Aspergillus niger, Penicilium luteum, Trichoderma viride* itd.). Mając na względzie ryzyko z tym związane, próby należy wykonywać w specjalistycznych laboratoriach. Doświadczenie specjalistycznych placówek może okazać się niezbędne.

3 ZASTOSOWANIA SZCZEGÓLNE

Zastosowania rolno-spożywcze

Zastosowania rolno-spożywcze zaliczane są do kategorii „wnętrze wilgotne". Wymagają spełnienia szczególnych warunków, o których należy wspomnieć. Obudowy mogą być pokryte zabrudzeniem w postaci kurzu, zachlapań, resztek spożywczych lub skondensowanych tłuszczów. Na nich właśnie pleśnie znajdują pożywkę i niszczą powierzchnię obudowy, jeżeli jest to powierzchnia typu organicznego (farba, plastik, drewno itp.).
Powierzchnie nie powinny więc być źródłem pożywienia dla flory i powinny łatwo się zmywać. Logicznym rozwiązaniem wydaje się zastosowanie stali nierdzewnej.

< Szafki Atlantic Inox doskonale sprawdzają się w klimacie tropikalnym.

Szafki Atlantic Inox oraz szafy Altis są poddawane finalnej obróbce wygładzania (≤0,3 µm), która umożliwia optymalne czyszczenie powierzchni zgodnie z najwyższymi wymogami higieny. Stopień ochrony IP66 jest dostosowany do mycia lancą w pomieszczeniach spożywczych. Ich uszczelnienie poliuretanem stanowiło przedmiot prób zgodności spożywczej z produktami w postaci papki lub sproszkowanej.

Wpływ środowiska, rozpad i korozja (ciąg dalszy)

Pomieszczenia czyste i pomieszczenia kontrolowane

Pod pojęciem „pomieszczenia czyste" rozumiemy różne pomieszczenia, takie jak:
– pomieszczenia białe,
– pomieszczenia z kontrolowanym zanieczyszczeniem,
– pomieszczenia z kontrolowanym zakurzeniem,
– pomieszczenia kontrolowane mikrobiologicznie.

Sale te są przeznaczone do prowadzenia różnych typów działalności, takich jak mikroelektronika, chemia precyzyjna, produkcja elementów dla żeglugi powietrznej i kosmicznej, mechanika precyzyjna. Działalność rolno-spożywcza (kuchnie, przemysł mleczarski, żywienie zbiorowe itp.) również wymaga czystych pomieszczeń, podobnie jak produkcja leków, czy szeroko rozumiana medycyna (np. sale operacyjne).

^ Ultraczystość: białe pomieszczenia do kontroli chipów elektronicznych.

W zależności od rodzaju działalności wymagania dotyczą oczyszczenia powietrza (dyfuzja, przepływ, zużycie) z kurzu, cząsteczek zanieczyszczeń bakteriologicznych, zakurzenia powierzchni (pomieszczenia białe) i higieny (rolno-spożywcze).
Rodzaj używanych materiałów, stan powierzchni oraz ich kształt są istotne, gdy chcemy uniknąć zatrzymywania i kumulacji zanieczyszczeń oraz ułatwić mycie.

Instalacje elektryczne lub wyposażenie elektryczne maszyn pracujących w strefie zachlapań powinny podlegać zasadom konstrukcji i higieny przyjętych dla urządzeń rolno-spożywczych:
- łatwa dostępność powierzchni wymagających czyszczenia,
- łatwość demontażu bez użycia narzędzi,
- powierzchnie nie powinny być szorstkie, a ich gładkość musi być równa co najmniej N8 (Ra = 3,2 μm)
- ciągłość powierzchni, kąty wewnętrzne, połączenia powinny niedopuszczać do zatrzymywania zanieczyszczeń trudnych do usunięcia,
- unikanie śrub o łbach z wklęsłościami (sześciokątnymi lub krzyżowymi),
- w przypadku uszczelnienia maszyn stojących na ziemi i nieprzestawnych należy unikać infiltracji między podstawą stałą a ziemią.

W przypadku wykonywania instalacji elektrycznych w pomieszczeniach o szczególnych warunkach czystości należy zapoznać się z wymaganiami zawartymi w normach.
PN-EN ISO 14644-4:2006 Pomieszczenia czyste i związane z nimi środowiska kontrolowane.
Część 4: Projekt, konstrukcja i uruchomienie.
PN-EN ISO 14644-5:2005 Pomieszczenia czyste i związane z nimi środowiska kontrolowane.
Część 5: Obsługa.
PN-EN ISO 14644-7:2005 Pomieszczenia czyste i związane z nimi środowiska kontrolowane.
Część 7: Urządzenia oddzielające (kaptur czystego powietrza, rękawiczki, izolatory i miniśrodowiska).
PN-EN ISO 14644-8:2006 Pomieszczenia czyste i związane z nimi środowiska kontrolowane.
Część 8: Klasyfikacja molekularnych zanieczyszczeń zawieszonych w powietrzu.

Zastosowanie w przemyśle nuklearnym

Oprócz wymogów dotyczących odporności na korozję, które zależą od miejsca instalacji (wewnątrz, w cieniu, na zewnątrz) i dla których stosuje się kryteria ze str. 206, urządzenia i obudowy w pomieszczeniach nuklearnych powinny spełniać wymagania, takie jak:

– próba wytrzymałości przez utratę chłodzenia wg francuskiej normy NF T 30-900,

– próba wytrzymałości na skażenie i podatność na jego usuwanie wg francuskiej normy NF T 30-901,

– próba wytrzymałości na promieniowanie jonizujące wg francuskiej normy NF T 30-903.

Opracowane zostały warunki dotyczące pokrywania powierzchni. Każdy system zabezpieczający wyposażony został w kodyfikację zawierającą:
- trzy duże litery oznaczające miejsce zastosowania (nuklearne/nienuklearne, środowisko, sól, kwasy, woda morska itd.),
- trzy cyfry arabskie oznaczające funkcję w zależności od m.in. rodzaju powierzchni czy pokrycia (dekoracyjna, ochronna itd.),
- trzy cyfry rzymskie oznaczające miejsce zastosowania (pomieszczenia, konstrukcje, konstrukcje murowane itd.).

Inne zastosowania

Liczne sektory działalności (oczyszczanie wód, inżynieria lądowa, przemysł metalowy i konstrukcyjny) ustaliły warunki techniczne dostosowane do własnych potrzeb. Wiele z nich zostało opracowanych na podstawie wypróbowanych rozwiązań (przygotowanie powierzchni, ilość warstw ochronnych itp.).

Metody obróbki powierzchni i farby do malowania obudów firmy Legrand są najwyższej jakości. Można na przykład potwierdzić, że zalety malowania obudów firmy Legrand metodą proszkową elektrostatyczną (śred. grubość 80 µm) co najmniej dorównują klasycznemu systemowi malowania na mokro o grubości 200 µm, z pierwszą warstwą z fosfatu cynku, warstwą pośrednią i warstwą wykończeniową.

^ Szafki Atlantic do sterowania stacją oczyszczania ścieków.

Wpływ środowiska, rozpad i korozja (ciąg dalszy)

4 SPOSOBY INSTALOWANIA OBUDÓW

Nadciśnienie wewnętrzne w obudowach

Wytworzenie stałego nadciśnienia wewnątrz obudowy zapobiega przenikaniu zanieczyszczonego powietrza, zawierającego kurz i mającego wpływ na korozję. W przypadku małych obudów odpowiednie ciśnienie uzyskuje się przez kompresowanie i rozprężanie powietrza. Jest to jednak kosztowna metoda o ograniczonej wydajności. Należy uwzględnić ubytki powietrza przez połączenia, uszczelki, zamocowania, ubytki przewodów, lampki i sterowniki – ubytki te są proporcjonalne do rozmiarów obudowy. Trzeba więc określić stałą wydajność sprężarki proporcjonalną do objętości obudowy. Tabela obok podaje wartości wydajności sprężarki potrzebne dla uzyskania nadciśnienia wynoszącego 3 milibary. Łatwiejsze do zastosowania niż skompresowane powietrze oraz mniej kosztowne są małe turbiny zapewniające znaczną wydajność przy uzyskaniu wystarczającego ciśnienia.

Wydajność sprężarek dla uzyskania ciśnienia 3 milibarów w zależności od obudowy

Obudowy	Wydajność/objętość obudowy
Szafki Atlantic	10 $m^3/h/m^3$
Szafki Marina	nie podlega
Szafy Altis typu monoblok (standardowe lub nierdzewne), 1 para drzwi	10 $m^3/h/m^3$
Szafy składane Altis (standardowe lub nierdzewne), 1 para drzwi	25 $m^3/h/m^3$

Aby zainstalować obudowy z nadciśnieniem wewnętrznym, należy określić ich przeznaczenie – wszelkie informacje można uzyskać u przedstawicieli technicznych firmy Legrand.

Pomiary ciśnienia wewnętrznego

Ciśnienie wewnętrzne mierzymy za pomocą manometru z odpowiednią skalą lub, łatwiej – za pomocą rurki szklanej. Wartością ciśnienia wewnętrznego w obudowie jest różnica wysokości pomiędzy wewnętrznym i zewnętrznym słupem wody (może być zabarwiona): 1 mb (milibar) = 10 mm wody = 100 Pa (paskali). Ciśnienie 3 mb odpowiada ΔP = 30 mm wody.

Instalacje elektryczne pod okapem, osłoną lub daszkiem

W miejscach wystawionych na działanie deszczu (tarasy, ściany wystawione na działanie wiatru, obszary, na których występują silne opady, itp.) zabezpieczenie nad obudową daje dodatkową gwarancję, że woda nie będzie przenikać do jej środka. Szafki Atlantic oraz szafy typu monoblok mogą zostać wyposażone w odpowiednie daszki. W tabeli na str. 206. podano rozwiązania dla najtrudniejszych warunków użytkowania.
Szafy Altis oraz XL³ można instalować na zewnątrz po uprzednim zamocowaniu na nich osłon lub okapów. Obrzeże okapu należy dobrać w taki sposób, aby woda nie spadała na wierzch obudowy – kąt min. 60°.

Nagromadzenie różnych odpadów (liści, owadów itp.) oraz woda stojąca w zakamarkach drzwi mogą z czasem zmniejszyć szczelność. Gdy nie jest możliwa stała konserwacja, zaleca się zainstalowanie daszku.

Zapobieganie wilgoci wewnątrz obudowy

Znaczne zmiany temperatury na zewnątrz powodują zjawisko cyklicznego wyparowywania i kondensowania wody. Wewnątrz obudowy mogą gromadzić się duże jej ilości, co prowadzi nie tylko do korozji, ale również do uszkodzeń instalacji elektrycznej (patrz str. 168). Systemy osuszania, a zwłaszcza stosowanie rezystorów grzejnych znacznie zmniejszają to ryzyko.

W klimacie tropikalnym wilgotnym (zwanym także równikowym) zapobieganie niszczeniu z powodu wilgoci stanowi główny problem. Instalacje pod osłoną, wentylowanie i osuszanie powietrza, oliwienie zawiasów i zamków, a także dokładne uszczelnianie wejść przewodów są w tych warunkach sprawą podstawową.

Otwór odprowadzający wilgoć może zostać wykonany w dolnej części obudowy. Wentylatory o nr. ref. 0365 78/79 oraz 0365 04/05 umożliwiają wytworzenie nadciśnienia wewnątrz obudowy przy zachowaniu stopnia ochrony.

Wpływ środowiska, rozpad i korozja (ciąg dalszy)

Montaż obudów i wyposażenia

Elementy mocujące stanowią mechaniczne połączenie pomiędzy zamocowaniem w ścianie (podłożu) a podtrzymywanym urządzeniem: muszą być odporne na warunki mechaniczne (uderzenia, wibracje, ruch, obciążenia opisane na str. 212-217) i jednocześnie zapewnić wytrzymałość mechaniczną.

Wymagania te są oczywiste, zaostrzają je zjawiska z zakresu korozji chemicznej i elektrolitycznej:
– różnorodne materiały mocujące: drewno, cement, gips, żelazo, stal nierdzewna, aluminium,
– zamocowania są miejscami styku elektrycznego i ciągłości potencjału,
– zamocowania mogące miejscowo zatrzymywać zanieczyszczenia,
– przy montażu może dojść do uszkodzenia śrub i krawędzi.

Instalacja szaf

Cokoły szaf są podatne na częste uderzenia (nogi, wózki przeładunkowe). Dochodzą do tego powtarzające się czynności, takie jak zamiatanie podłóg i mycie strumieniem wody. W warunkach ekstremalnych można zamontować szafy na nierdzewnych cokołach. Cokoły powinny być przymocowane do podłogi za pomocą śrub przykręconych bezpośrednio lub przy użyciu uchwytów o nr. ref. 0345 49.

Instalacja szafek

- **Na ścianie, za pomocą uchwytów mocujących:**
  - **o nr. ref. 0364 01, wykonanych z lakierowanego stopu (zamak) do użytku wewnętrznego i zewnętrznego,**
  - **o nr. ref. 0364 04, wykonanych z blachy stalowej, do zastosowania wewnętrznego,**
  - **o nr. ref. 0364 02/05 wykonanych z poliamidu wzmocnionego włóknem szklanym, do każdego typu zastosowań,**
  - **o nr. ref. 0364 06, wykonanych ze stali nierdzewnej, do stosowania w środowiskach agresywnych.**

Uchwyty o nr. ref. 0364 01: wysoka odporność na korozję.

- **Na podłodze, za pomocą uchwytów o nr. ref. 0364 36/37, które umożliwiają podnoszenie obudów i są przeznaczone do miejsc wietrzonych.**
- **Na słupie, za pomocą zestawu o nr. ref. 0364 46/49, złożonego z 2 wsporników poprzecznych wykonanych ze stali galwanizowanej, zamocowanych na nierdzewnej obręczy.**

Zestaw mocujący do słupa.

Należy unikać mocowania uchwytów nierdzewnych na wspornikach aluminiowych (ogniwo galwaniczne). Bardziej odpowiednie są uchwyty o nr. ref. 0364 01 lub z materiału izolacyjnego (nr. ref. 0364 02/05).

KOROZJA

Termin „korozja" oznacza zjawisko stopniowego niszczenia, któremu w różnym czasie ulegają wszystkie metale oprócz szlachetnych (złota i platyny). Jest to problem wciąż aktualny, ponieważ tradycyjne środki zabezpieczające wykonane są ze składników skutecznych, lecz powodujących zanieczyszczenia lub niebezpiecznych, takich jak ołów, chrom, kadm i rozpuszczalniki. Rozporządzenie RoHS (Restriction of Hazardous Substances) ma na celu ograniczenie ich użycia. Konieczne jest więc znalezienie rozwiązań zastępczych.

1 PODSTAWY FIZYCZNO-CHEMICZNE

Niektóre zjawiska korozji są złożone (gaz, wysoka, temperatura, łączące się metale, itd.). W otaczającym środowisku korozję powodują głównie mniej lub bardziej skoncentrowane roztwory wodne.

Wyróżniamy dwa zjawiska:
– korozję chemiczną (lub elektrochemiczną), wynikającą z przemieszczania się ładunków elektrycznych (elektronów) na powierzchni,
– korozję elektrolityczną (lub galwaniczną), polegającą na cyrkulacji prądu elektrycznego między dwoma różnymi metalami, z których jeden ulega zniszczeniu na korzyść drugiego.

Korozja chemiczna jest zjawiskiem raczej natury mikroskopowej, elektrolityczna – makroskopowej. W tych dwóch przypadkach proces korozji jest inicjowany roztworem (najczęściej wodnym).

Korozja chemiczna

Na powierzchni metalu możemy wyodrębnić obszary anodowe i katodowe. Są one wynikiem obróbki metalurgicznej (osadzające się węgliki, obróbka termiczna), fizycznej (miejscowe zgniecenia, szlifowanie) lub chemicznej (inkrustacja innymi metalami, kurz).
Zanurzenie metalu w wodzie (kawałek stali na wpół zanurzony) powoduje te same skutki. W obecności roztworu kwasowego na powierzchni metalu powstaną więc reakcje utleniania – redukcji, które można zapisać w następujący sposób:
$Fe + 2H^+ \longrightarrow Fe^{++} + H_2$.
Roztwór kwasowy może być wytworzony przez pochłanianie gazu z powietrza: dwutlenek siarki SO_2 w połączeniu z wilgotnym powietrzem daje kwas siarkowy H_2SO_4. Wydajność elektryczna tej reakcji oraz kierunek prądu zależą od napięcia między metalem i roztworem (zwykle wynoszącego 0 V dla wodoru H^+). Potencjał elektrochemiczny metalu (patrz tabela na str. 182) pozwala określić jego odporność na korozję. Stosuje się również pojęcie: potencjał Rédox.

Przykład niszczenia żelaza przez roztwór kwasowy

Na powierzchni stali znajdują się obszary o różnym składzie chemicznym, które w zetknięciu z elektrolitem przyjmują różne potencjały. Pierwsza reakcja anodowa zachodzi po uwolnieniu dwóch elektronów. Rozpuszczone żelazo przechodzi w roztwór w formie jonów żelaza Fe^{++}. Druga reakcja przebiega na katodzie, gdzie uwolnione elektrony łączą się z jonami H^+. Te ostatnie są redukowane i uwalniane pod postacią gazową wodoru H_2.
Mówiąc ogólniej, to tlen z powietrza, który w obecności wody (wilgoć) reaguje, dostarczając dwa dodatkowe elektrony pod postacią $O_2 + 2H_2O + 4e^-$, przyczynia się do powstania rdzy Fe_2O_3.

Wpływ środowiska, rozpad i korozja (ciąg dalszy)

Korozja elektrolityczna

Ten typ korozji dotyczy bezpośrednio zasady tworzenia się ogniw elektrycznych Volty. W przeciwieństwie do korozji chemicznej elektrody anoda i katoda są z natury różne i roztwór wodny pomiędzy nimi niekoniecznie pociąga za sobą reakcję chemiczną. Służy tylko jako elektrolit umożliwiający przenoszenie jonów z anody (–) do katody (+). Różnica potencjałów jest tym większa, im większa odległość dzieli dwa metale na skali potencjałów elektrochemicznych. Poza laboratorium zjawisko to występuje, gdy dwa różne metale są połączone elektrolitem przewodzącym: kwas, zasada, woda nieoczyszczona i woda morska.

Przykład korozji elektrolitycznej pomiędzy cynkiem i miedzią

Ładunki dodatnie, jony cynku, oddzielają się od anody cynkowej i odkładają na katodzie miedzianej. Cynk ulega zniszczeniu na korzyść miedzi.

Tabela na str. 196 ilustruje zakres zgodności elektrolitycznej pomiędzy metalami. Wartość dopuszczalnego napięcia galwanicznego (zazwyczaj 300 mV, 400 mV w warunkach suchych kontrolowanych) pozwala na poznanie możliwych połączeń metali.
Są one znaczące – pH środowiska (kwasowe lub zasadowe) oraz zjawiska pasywacji mogą zmienić wartość potencjału.

Skala potencjałów elektrochemicznych

Potencjał normalny	Metale	
+1,52 V	Złoto	Au
+1,18 V	Platyna	Pt
+1,91 V	Pallad	Pd
+0,799 V	Srebro	Ag
+0,798 V	Rtęć	Hg
+0,52 V	Miedź	Cu
+0,47 V	Antymon	Sb
+0,35 V	Bizmut	Bi
	Arszenik	As
+0,326 V	Chromiany	Cr
0	**Wodór**	**H**
-0,10 V	Dakromet™	
-0,12 V	Ołów	Pb
-0,13 V	Cyna	Sn
-0,20 V	Molibden	Mo
-0,257 V	Nikiel	Ni
-0,29 V	Kobalt	Co
-0,41 V	Kadm	Cd
-0,44 V	Żelazo	Fe
-0,74 V	Chrom	Cr
-0,76 V	Cynk	Zn
-1,18 V	Mangan	Mn
-1,63 V	Tytan	Ti
-1,67 V	Aluminium	Al
-1,70 V	Magnez	Mg
	Krzem	Si
	Bar	Ba
-2,71 V	Sód	Na
-2,84 V	Wapno	Ca
-2,92 V	Potas	K
-3,04 V	Lit	Li

Coraz łatwiejsza redukcja

Coraz łatwiejsze utlenianie

Połączenie dwóch metali lub ogniwa galwanicznego dla danego metalu ze skali potencjałów elektrochemicznych:
– metale powyżej danego metalu powodują jego utlenianie,
– metale poniżej danego metalu powodują jego redukcję.
Przykład: Srebro w kontakcie z cyną powoduje utlenianie cyny, a chrom w kontakcie z cyną – redukcję cyny. Atakowany jest najbardziej elektroujemny metal (anoda), z korzyścią dla metalu bardziej elektrododatniego (katoda).
Temperatura i pH środowiska mogą zmienić te zjawiska.

Gdy masa urządzenia, osprzętu, pojazdu lub statku jest biegunem elektrycznym, należy ją połączyć z biegunem ⊖ zasilania. Masa będzie wówczas katodą (niski potencjał) otrzymującą ładunki elektryczne. W przeciwnym wypadku masa ma biegun ⊕, więc będzie anodą i elementy masy mogą ulec korozji przez elektrolizę.

Korozja elektrolityczna ma charakter miejscowy

Połączenia

Nit aluminiowy ma potencjał elektrochemiczny ujemny w stosunku do żelaza. Powoduje to korozję elektrolityczną, która doprowadza do zmniejszenia przekroju nita i zerwania połączenia. To samo zjawisko można zaobserwować w sworzniu stalowym w kontakcie ze stalą nierdzewną. Należy więc stosować śruby nierdzewne lub mosiądz niklowany.

Beton zbrojony

Strefa sucha: zbrojenie zachowuje się jak anoda.
Strefa wystawiona na deszcz: beton pozostaje wilgotny, a zbrojenie zachowuje się jak katoda. Cyrkulacja prądu galwanicznego pociąga za sobą korozję zbrojenia.

Maszty

Różny potencjał pomiędzy ziemią a masztem powoduje cyrkulację prądu. Korozja podziemnych części może się nasilić. Aby „przenieść" korozję na anody ulegające zniszczeniu (pokryte cynkiem) lub zapobiec działaniu chlorków na stal (membrany wodoszczelne), na budowlach inżynierskich uruchamiane są złożone systemy zabezpieczające.

Statki

Woda morska stanowi elektrolit. Korozję kadłuba statku może zwiększyć obecność śruby napędowej z brązu. Zjawisko korozji może również „przenieść" ułożenie anod ulegających zniszczeniu na kadłubie statku.
Obecność pręta magnezowego w warnikach ma ten sam cel.
Uwaga: Gdy anoda znika całkowicie, zabezpieczenie przestaje istnieć.

Anoda, katoda i kierunek prądu

Zwykle definiujemy anodę jako elektrodę dodatnią urządzenia, czyli tę, której przypisany jest biegun ⊕ zasilania, jednak:
- w ogniwie anoda jest elektrodą ujemną, która oddaje elektrony i te przemieszczają się z bieguna ⊖ do bieguna ⊕,
- w reakcji elektrolizy prąd jest narzucony i anoda jest elektrodą dodatnią, a elektrony przemieszczają się z bieguna ⊕ do bieguna ⊖, w wyniku czego otrzymujemy roztwór anodowy,
- w lampie elektronowej elektroda podpięta do wysokiego potencjału źródła wychwytuje elektrony emitowane z katody i nazywa się anodą.

Anoda (z gr. *ana* = wysoko) oznacza potencjał wysoki w odróżnieniu od potencjału niskiego katody (*kata*).

Istnieje wiele norm dotyczących obróbki powierzchni i korozji, między innymi:
PN-EN-ISO 8501-1 Przygotowanie powierzchni stalowych przed nakładaniem farb i podobnych produktów
PN-EN-ISO 22063 Powłoki metalowe i inne nieorganiczne. Natryskiwanie cieplne. Cynk, aluminium i ich stopy
PN-EN-ISO 2064/1991 Powłoki metalowe i inne nieorganiczne – Definicje i określenia dotyczące pomiarów grubości (w opr.)
PN-EN-ISO 2177/1985 Powłoki metalowe. Pomiar grubości. Metoda kulometryczna, polegająca na anodowym rozpuszczaniu (w opr.)
PN-EN-ISO 2178/1982 Niemagnetyczne powłoki metalowe na podłożu magnetycznym. Pomiar grubości powłoki. Metoda magnetyczna (w opr.)
PN-EN-ISO 2360/1982 Nieprzewodzące powłoki na niemagnetycznym metalu podłoża. Pomiar grubości. Metoda prądów wirowych (w opr.)
PN-EN-ISO 2361/1982 Elektrolityczne powłoki niklowe na podłożu magnetycznym i niemagnetycznym. Pomiar grubości powłok. Metoda magnetyczna (w opr.)
ISO 2177 i 4518 Pomiar grubości pokrycia.

Wpływ środowiska, rozpad i korozja (ciąg dalszy)

Trzy metody zabezpieczania

Istnieją trzy sposoby zabezpieczania metali przed korozją.

■ Nakładanie szczelnej powłoki izolacyjnej (farba, lakier itp.) oddzielającej metal od otoczenia.

Powłoka izolacyjna może uniemożliwić przepływ prądu elektrolitycznego pomiędzy dwoma różnymi metalami. Dobrym przykładem jest owinięta kilka razy wokół rury miedzianej taśma izolująca, ograniczająca korozję stalowej opaski.

■ Zastosowanie warstwy metalicznej o potencjale elektrochemicznym wyższym od potencjału metalu podstawowego (czasami stosuje się określenie „zabezpieczenie anodowe"), np.: cyny na cynku, niklu na żelazie, srebra na miedzi.

Przykład niszczenia żelaza cynowanego przez wżery

Jeżeli w warstwie cyny pojawia się szczelina lub płaszczyzna nieciągła, odsłonięte żelazo może ulec utlenieniu przez O_2 (rozpuszczony w wodzie). Anoda, którą jest żelazo, ma małą powierzchnię w stosunku do katody (cyny). Penetracja miejscowa będzie silna i głęboka, aby mogły zostać dostarczone elektrony potrzebne do reakcji:

$$O_2 + 2H_2O + 4e^- \Rightarrow 4OH^-,$$

która doprowadzi do powstania rdzy $4Fe(OH)_3$. Żelaza cynowanego lub białej blachy używa się, gdy nie istnieje ryzyko długotrwałego niszczenia, np. we wnętrzu opakowań konserwowych.

Ten rodzaj zabezpieczenia stosuje się tylko wtedy, gdy warstwa jest doskonale szczelna. W przeciwnym wypadku może nastąpić korozja przez wżery w odsłoniętym metalu oraz odspojenie warstwy pokrycia.

■ Zastosowanie warstwy metalicznej o potencjale elektrochemicznym niższym od potencjału metalu podstawowego (mówimy również o zabezpieczeniu katodowym), np.: cynku na żelazie, cyny na miedzi.

Nałożony metal penetrowany jest zamiast metalu zabezpieczanego. Mówimy wtedy o anodzie ulegającej niszczeniu. Zabezpieczenie zależy od grubości nałożonego metalu. Pokrycie przestaje być skuteczne, gdy zostanie zużyta cała warstwa pokrycia (patrz przewidywana trwałość pokrycia – str. 198). Niektóre odkryte strefy metalu wciąż będą chronione ze względu na bliskość, nawet jeżeli grubość warstwy pokrycia nie jest jednakowa. Przykładem tego rodzaju zabezpieczenia może być galwanizacja.

< Pokrycie katodowe pod koniec okresu użytkowania: warstwa cynku (galwanizacja) jest zużyta w niektórych partiach i pozostawia odsłonięty metal podstawowy.

Pasywacja

Zjawisko pasywacji oznacza stan, w którym metal zanurzony w środowisku wystarczająco utleniającym nie ulega niszczeniu. Jest pokryty cienką, niewidoczną warstwą, która hamuje przenikanie wody i tlenu.
Jako przykład może posłużyć żelazo, które staje się pasywne w silnie skoncentrowanym kwasie azotowym. Niektóre metale, takie jak miedź, cyna, ołów i cynk, mogą stać się pasywne w zwykłych warunkach otoczenia. Jednak warunki te są mniej lub bardziej niepewne i stan ten może okazać się niewystarczająco stabilny, aby mógł być uznany za zabezpieczenie stałe.
Pasywacja – często określana również jako „patyna czasu" – trwa zbyt długo, aby można ją było uzyskiwać w procesie przemysłowym. Stan pasywny otrzymujemy wtedy przez konwersję chemiczną fosfatem żelaza, cynku, chromem trójwartościowym. W zależności od przypadku obróbka umożliwia lepsze przyleganie wcześniejszych warstw lub zabezpieczenie czasowe, a nawet stałe.

Pasywacja stali nierdzewnej

Ponad 12 % zawartości chromu w stali powoduje nierdzewność tego stopu. Ten składnik stali posiada właściwość tworzenia związku pasywacyjnego na powierzchni utlenionego metalu. To właśnie ta cienka warstwa określa wytrzymałość na korozję. Jej stabilność zależy od kilku czynników: składu stali, stanu powierzchni, rodzaju środowiska itd. Warstwa pasywna odnawia się spontanicznie w otoczeniu po przypadkowym uszkodzeniu, jednak warunki te mogą ulec zmianie w obecności fluorowców (chlor, brom, jod), które powodują korozję przez wżery. Molibden (316 L) zwiększa w dużym stopniu to ryzyko, ale zarazem wykazuje znaczne oddziaływanie odnawiające warstwy pasywne (patrz str. 210).

Podwójny okres użytkowania cynku

Cynk, bez wątpienia najczęściej używany metal zabezpieczający przed korozją, ma właściwość, dzięki której – w zależności od warunków środowiskowych – może odgrywać rolę elementu ulegającego zniszczeniu i środka samozabezpieczającego. Pierwszy przypadek jest dobrze znany – cynk jest rzeczywiście rozpuszczany i zużywany w obecności roztworów kwasowych w środowiskach miejskich i przemysłowych. Drugi przypadek, mniej oczwisty i bardziej złożony, związany jest ze zjawiskiem pasywacji.
Wymieniając tylko reakcje prowadzące do form stałych i zabezpieczających tworzone tlenki, należy rozważyć dwa główne elementy: koncentrację pary wodnej i dwutlenku węgla.
W obecności pary wodnej (Hr > 50%) następuje wzrost koncentracji jonów OH^-, która w połączeniu z postacią utlenioną Zn_2 daje nierozpuszczalną, uwodnioną postać tlenku cynku $Zn(OH)_2$. Wodorotlenek ten hamuje przenikanie wody i tlenu oraz opóźnia korozję.
Z kolei dwutlenek węgla (CO_2) zawarty w powietrzu (co najmniej 0,3%) jest źródłem nierozpuszczalnych osadów cynku w formie węglowej. Im więcej węglanów zawiera warstwa pasywacyjna, tym zabezpieczenie jest skuteczniejsze; stąd znaczenie koncentracji CO_2 i jej wymiana.
Największą wytrzymałość warstw cynku otrzymujemy, gdy są one w stanie pasywacji. Warunek ten wymaga dobrej penetracji CO_2 i zraszania, które eliminuje miejsca odsłonięte oraz usuwa skoncentrowane osady.
Aby warstwa cynku utrzymywała się długotrwale, wymagana jest dobra wentylacja!
Gdy trudno jest uzyskać stan naturalnej pasywacji (otoczenie kwaśne i ograniczone), z powodzeniem można zastosować obróbkę konwersyjną (w przyszłości nie będzie w niej stosowany chrom sześciowartościowy).

Wpływ środowiska, rozpad i korozja (ciąg dalszy)

2 KOROZJA W RÓŻNYCH ŚRODOWISKACH

Wybór zabezpieczenia przed korozją w konkretnym przypadku wymaga poznania środowiska instalacji, a tym samym warunków właściwych dla danego miejsca: wewnętrznych, zewnętrznych, suchych, wilgotnych, wiejskich, przemysłowych itd.
Mogą występować również czynniki dodatkowe, takie jak oddziaływanie chemiczne, wstrząsy, gazy korodujące, mycie.
Wybierając przedmiot do zabezpieczenia, należy wziąć pod uwagę koszt technologii oraz zastosowanie tego przedmiotu: dekoracyjne, tymczasowe, trwałe, bardzo trwałe, a nawet niezniszczalne.

Korozja atmosferyczna

Związana jest z trzema czynnikami:
– wilgotnością powietrza i potencjalnym ryzykiem kondensacji,
– obecnością substancji zanieczyszczających (chlorany, siarczany),
– obecnością rozpuszczonych gazów korodujących (dwutlenek siarki, siarkowodór, dwutlenek węgla itd.).
Te trzy czynniki: woda, czynnik przewodzący i czynnik utleniający umożliwiają utworzenie komórek elektrolitycznych lub elektrochemicznych.
Woda stanowi element dodatkowy, może więc być rozważana tylko w środowisku suchym (<50% wilgotności względnej) – w tym przypadku ryzyko korozji jest nieznaczne.
Większe, a nawet bardzo duże ryzyko występuje w strefach wilgotnych zanieczyszczonych (rejony miejskie i przemysłowe) lub wilgotnych „przewodzących" (rejony morskie).
Między pierwszymi (strefy suche) a drugimi (strefy wilgotne) okres użytkowania, gdy zabezpieczenie jest jednakowe, może ulegać zmianie w stosunku od 1 do 10, np. 5 lat lub 50 lat.
Należy zauważyć, że ryzyko korozji w przypadku instalacji chronionych przed deszczem (okapy, hangary, garaże), ale nieogrzewanych jest w praktyce takie samo jak instalacji na zewnątrz: obecne są tutaj gaz i czynniki zanieczyszczające, a woda dostarczana jest przez kondensację. W instalacjach wewnętrznych ryzyko jest niezaprzeczalnie mniejsze, gdy pomieszczenia są regularnie ogrzewane (mieszkania, biura) – zazwyczaj nie ma potrzeby stosowania wtedy warstw bardzo wytrzymałych (typu galwanizacja lub farby wielowarstwowe).
Ogromną rolę odgrywają również rodzaje prowadzonej działalności oraz tzw. czynnik ludzki. Działalność człowieka może być jednocześnie źródłem wilgoci (np. częste mycie) i zanieczyszczenia lub skażenia (np. chemia, laboratoria, działalność rolno-spożywcza, kuchnie, otwarte pływalnie).
Także sama obecność człowieka (oddychanie, generowanie kwasów organicznych: białkowych, moczowych itp., również ścieranie: zużycie stref przejściowych lub manipulacyjnych) jest elementem niszczącym w budynkach użyteczności publicznej.
Podobnie wygląda sytuacja w pomieszczeniach hodowlanych oraz wszędzie tam, gdzie mamy do czynienia ze zwierzętami.

Korozja wodna

Mimo że woda i elektryczność to czynniki „mało kompatybilne", wiele instalacji, a także elementów mechanicznych podtrzymujących je, jest zanurzonych na stałe lub chwilowo w wodzie (podstawy masztów, słupy, cokoły itp.).
Na proces korozji mają wpływ: rodzaj wody (słodka, twarda, słona), jej skład chemiczny, zawartość tlenu, temperatura, falowanie oraz ruch (rozchlapywanie).

Środki zabezpieczające mogą być naniesione metodą galwaniczną (obróbka metaliczna), mieć postać bariery (nakładanie szczelnej warstwy organicznej), a także stanowić kombinację tych dwóch rodzajów.
Jeżeli chodzi o obróbki metaliczne, pokrycie cynkiem stosowane z pozytywnym rezultatem w wodzie zimnej z osadem kamiennym (raczej neutralnej niż alkalicznej pH >6) nie jest dobrym rozwiązaniem w przypadku wody ciepłej lub z tendencją do kwasowości. W takich sytuacjach zaleca się zastosowanie aluminium.
Strefa korozji mieści się na granicy powietrze/woda, gdzie obecność tlenu z powietrza i rozpuszczonego w pierwszych warstwach wody zwielokrotnia to zjawisko. W wodzie morskiej umiarkowanej cynk koroduje z szybkością od 10 do 20 µm/rok. Wynika z tego, że aby otrzymać zabezpieczenie trwałe (od 10 do 20 lat) lub bardzo trwałe (ponad 20 lat), należy zastosować pokrycie z cynku (galwanizacja na ciepło) o grubości równej co najmniej 150 µm (1 przypadek) lub 250 µm (2 przypadek).
Zastosowanie pokrycia ze stopu cynk/aluminium (przez natryskiwanie termiczne lub użycie elementów wcześniej obrobionych) gwarantuje większą trwałość.
Aby uniknąć korozji miejscowej spowodowanej ubytkami na jej grubości lub brakiem ciągłości w pokryciu oraz aby ułatwić późniejszą konserwację, zaleca się obróbkę zwaną „nasycaniem" na bazie metalicznej (natryskiwanie termiczne cynkiem, farby bogate w cynk) lub organicznej (epoksydową). Zabezpieczenie można wzmocnić, stosując szczelne pokrycia, takie jak farby bitumiczne.

W zależności od okresu użytkowania instalacji należy zaplanować regularną konserwację, aby nie zaszły nieodwracalne lub trudne do naprawy zmiany.

Normy dotyczące korozji, m.in.:
EN ISO 11306 Ekspozycja i zmiana metali i stopów na powierzchni wody morskiej.

Zjawiska korozji w wodzie (zwłaszcza słonej) są złożone, a środki zabezpieczające powinny być starannie dobierane, najlepiej po konsultacji z ekspertami.

Redukcja tlenu: O_2 —> OH^-
Utlenianie żelaza: Fe —> Fe^{2+} —> Fe^{3+}
Tworzenie się rdzy $Fe(OH)_3$.
Zjawisko ulega nasileniu, gdy tlen jest regularnie wymieniany przy falowaniu lub zmianie poziomu.

Wpływ środowiska, rozpad i korozja (ciąg dalszy)

Korozja tellurowa (w ziemi)

Konstrukcje metalowe w zetknięciu z ziemią ulegają procesom korozji w stopniu uzależnionym od rodzaju ziemi, zawartości minerałów i elementów organicznych, tlenu, a także od wilgotności.
Ziemie kamieniste lub piaszczyste (oprócz piasków morskich) w mniejszym stopniu powodują korozję niż ziemie gliniaste lub próchniczne. Pierwsze mają odczyn alkaliczny (pH >7), drugie – kwaśny (pH <7).

Odradza się stosowania elementów stalowych pokrytych cynkiem w zetknięciu ze zbyt kwaśną ziemią. Lepsze rozwiązanie stanowią pokrycia na bazie aluminium.
Ziemie niezwiązane (nasypy) są mniej jednolite i korozja jest w nich większa. Kieszenie powietrzne (zwane komórkami napowietrzania) tworzą strefy korozji chemicznej z wilgocią.

Korozja uziomów

Uziomy, które mają ciągły kontakt z ziemią, wymagają szczególnej staranności w zabezpieczaniu przed korozją. Ich materiały powinny być jednocześnie dobrymi przewodnikami, zachować powierzchnię przewodzącą i być odporne na korozję.
W tym celu nie należy stosować stali niezabezpieczonej, a także metali lekkich, takich jak aluminium(1). Zaleca się metale pokryte warstwą ołowiu i stali galwanizowanej (paliki, bednarka(2)), a także miedź (kable, bednarka).
Znaczne ryzyko korozji może wystąpić na terenach, gdzie płyną prądy stałe (prądy błądzące – obwody powrotne ziemią). Wtedy uziomy powinny stanowić przedmiot szczególnych badań.

Uziomy mogą być konstruowane za pomocą przewodów zakopanych poziomo (rowy, wykopy), cienkich płaskowników (bednarki) zakopanych poziomo oraz jednego lub kilku połączonych prętów zakopanych pionowo.
Każda metoda ma wady i zalety, ale można je stosować łącznie, aby obniżyć wartość rezystancji uziomu.

(1) Aluminium wytwarza na powierzchni warstwę izolującą.
(2) Należy przewidzieć wystarczającą grubość cynku (>100 µm) w ziemi z tendencją kwaśną (glinki). Unikać ziemi kwaśnej (torf).

Korozja w betonie

Alkaliczność betonu uniemożliwia jego bezpośredni kontakt z aluminium lub pokryciem na bazie aluminium. Należy wówczas zastosować obróbkę szczelną i ciągłą metalu.
Użycie zbrojenia powiązanego elementami cynkowanymi (lub galwanizowanymi) wskazane jest w sytuacji, gdy beton pozostaje suchy (bez kontaktu z wodą, pokryty lub malowany) lub gdy nie jest zanieczyszczony przez chlorany (woda morska).
Zaleca się również pasywne pokrycia cynkowe, ponieważ ograniczają powstawanie korozji.
Korozja zbrojenia ze stali „zwykłej" w betonie stanowi obiekt szczegółowych zasad instalacyjnych (połączenia, odległości). Korozję można również zatrzymać lub opóźnić za pomocą środków wodoszczelnych (membrany, farby), które zapobiegają przenikaniu wody, tlenu i chloranów, albo zabezpieczenia katodowego mniej lub bardziej rozbudowanego: anody zbudowane z kratownic tytanowych, lakiery przewodzące, farby grafitowe lub metalizowane cynkiem.

3 BADANIA KOROZYJNE

Zasady eksploatacji w rzeczywistych warunkach środowiskowych, sposoby pomiarów i ich zapisu, a zwłaszcza czas potrzebny na ich wykonanie sprawiają, że przyspieszone próby stanowią główny przedmiot badań mechanizmów korozji.
Wiadomo, że na eksploatację materiałów ma wpływ wiele złożonych czynników: geometria, porowatość, stan powierzchni, przyczepność, zabrudzenie, ścieranie, czynniki chemiczne, częstotliwość i procedury mycia, ekspozycja na słońce, zmiany temperatury i wilgotności. Dlatego tak ważny jest wybór próby, która najlepiej symuluje rzeczywistą eksploatację.
Nie należy jednak sądzić, że taka próba jest doskonała. Podejście do prób korozji ma przede wszystkim charakter porównawczy. Analizy wyników dokonuje się więc w stosunku do wcześniejszych, znanych i sprawdzonych rozwiązań lub dokonując wyboru spośród kilku rozwiązań.

Należy zaznaczyć, że nie istnieje bezpośredni związek pomiędzy otrzymanymi wynikami a rzeczywistą wytrzymałością produktów; niekorzystne wyniki pomagają jedynie przewidzieć typowe zachowanie w danej sytuacji.

Metody wykonywania prób

Wyróżniamy ich co najmniej dwadzieścia. Niektóre z nich odwołują się do czynników agresywnych (sól, kwas, gaz), które zazwyczaj występują w połączeniu z wilgocią. Inne bazują na naprzemiennych okresach eksploatacji (słona mgła, promienie ultrafioletowe, wilgoć, dwutlenek siarki). Ten drugi typ, zwany próbą kompozytową, jest bardziej reprezentatywny, ale jego interpretacja jest trudniejsza.
Wiele prób zostało opracowanych przez przemysł samochodowy (General Motors, Scab Test, Volvo test, test Hoogovens).

Kwalifikacji systemu obróbki lub pokrywania powinno się dokonywać na produktach kompletnych, aby uwzględnić zjawiska korozji spowodowane kumulacją wody, ogniwami galwanicznymi lub zatrzymywaniem wilgoci. W praktyce używa się próbek, które nie są w pełni reprezentatywne.

^ Strefa naturalnej degradacji obudów firmy Legrand w stacji meteorologicznej.

Aby lepiej poznać zjawisko korozji, do jej symulacji w laboratorium stosuje się różne sposoby:
- „ujęcie metalurgiczne", które dotyczy badania strukturalnego i analitycznego produktów podatnych na korozję oraz połączeń na styku metal/warstwa pasywacyjna,
- opracowanie „monitorów korozji" zbudowanych z różnych metali połączonych w określonych warunkach (elektrolit, temperatura, czas itp.), dzięki którym mierzy się wydajność prądu galwanicznego,
- ujęcie termodynamiczne równowagi połączeń na styku warstwa wilgotna/warstwa sucha.

Korozja wciąż pozostaje aktualnym problemem.

Wpływ środowiska, rozpad i korozja (ciąg dalszy)

Badanie odporności na korozję

■ Próba mgły solankowej jest to próba najczęściej stosowana.
Wywodząca się z normy amerykańskiej ASTM B 117 i przejęta przez normy IEC 60068-2-11 (próba Ka) oraz ISO 9227 (próba NSS), polega na narażeniu próbki na działanie nasyconym roztworem soli (5% NaCl) wilgotnego powietrza w komorze klimatycznej w temp. 35°C. Wyniki otrzymujemy po kilku godzinach dla zabezpieczeń najprostszych oraz po kilkuset godzinach dla zabezpieczeń złożonych.
Badanie w mgle solankowej nadaje się szczególnie do tego, aby sprawdzić przyczepność farb, jak również do testowania korozji stali nierdzewnych i pokryć anodowych z aluminium. Stosowana jest również do pokryć z cynku, niklu i chromu – jednak z powodu ewentualnych zjawisk nasycenia, w tym przypadku należy zachować ostrożność w interpretacji.
Próby ASS (mgła słona octowa) i CASS (mgła słona woskowa), także opisane w normie ISO 9227, są odmianami próby podstawowej. Pierwsza ma za zadanie zaostrzyć warunki próby, zwłaszcza na materiałach nieżelaznych, a nawet plastikowych, druga stosowana jest do nakładania miedzi/niklu/chromu.
Próba z użyciem dwutlenku siarki (SO_2) bazuje na mechanizmach działania kwasu. Jej zaletą jest rozwinięcie aspektów korozji podobnych do tych, które są obserwowane na elementach podlegających eksploatacji w warunkach przemysłowych. Interpretując wyniki, należy zachować ostrożność, ponieważ próba jest agresywna (powstawanie kwasu siarkowego) i nie bierze się w niej pod uwagę wielu innych czynników atmosferycznych (tlenek azotu, chlor, amoniak, fluorowce itp.).

■ Próba z dwutlenkiem siarki została opisana w normach ASTM B 605, DIN 50018 ISO 6988 oraz IEC 6068-2-42 (próba Kc). Między tymi normami występuje kilka różnic dotyczących czasu ekspozycji, ciągłej albo naprzemiennej okresowości lub koncentracji gazu. Próby z dwutlenkiem siarki stosowane są na warstwach cyny/niklu na materiałach żelaznych i nieżelaznych (próba Kc o bardzo niskiej koncentracji z IEC 60068-2-60).

Próby z dwutlenkiem siarki stosuje się do bardzo szybkiego wykrywania niedoskonałości lub nieciągłości na powierzchniach spowodowanych przez wżery. Uwidaczniają również skażenie strukturalne stali nierdzewnej przez elementy czystego żelaza.

■ Próby w środowisku wilgotnym – znajdują szerokie zastosowanie w przypadku pokrycia do użytku wewnętrznego lub w miejscach wilgotnych, ocienionych, gdzie może gromadzić się woda.

W zależności od produktu istnieją różne odmiany tych prób (podział ze względu na ewentualną obecność dodatkowych czynników, a także odmian prób). Można wymienić próby ciągłe (IEC 60068-2-3 i IEC 60068-2-56), próby cykliczne (IEC 68-2-30) lub kompozytowe (IEC 68-2-38) z naprzemiennym ciepłem, wilgocią i chłodem. Działanie korodujące tych prób pozostaje na ogół ograniczone, mogą one jednak być przyczyną wzrostu izolacji lub mogą niszczyć materiały organiczne (farby, plastiki).

Przy opracowywaniu testów kontroli jakości wymagana jest określona szybkość wykonywania prób, jednak należy mieć świadomość ograniczeń w tym zakresie.

Czas trwania próby

Pomimo trudności z ustaleniem bezpośredniego związku z rzeczywistymi warunkami, niezbędne jest opracowanie gradacji warunków prób w celu zilustrowania stopnia agresywności warunków środowiskowych. Parametrem regulującym jest zazwyczaj czas ekspozycji. Normy nie określają czasu próby, czas powinien być ustalony przez normy danego produktu. Podają jedynie wartości preferencyjne: 2 h, 6 h, 24 h, 48 h, 96 h, 168 h, 240 h, 480 h, 720 h, 1000 h (dla mgły solankowej).

Czas ekspozycji odzwierciedla również wartości obiektywne wytrzymałości oraz poziom jakości zamierzony przez konstruktorów. Wartości podane przez firmę Legrand są gwarantowane i odpowiadają zastosowaniu produktów (patrz str. 197).

Czas trwania prób we mgle solankowej stosowany przez firmę Legrand w zależności od warunków eksploatacji

Warunki eksploatacji	Farby	Obróbka powierzchni
Środowisko zewnętrzne na pełnym morzu	2000 h	2000 h
Środowisko zewnętrzne nad morzem	1500 h	1500 h
Środowisko przemysłowe	1500 h	1000 h
Środowisko mieszane wiejskie/miejskie	1000 h	500 h
Środowisko wilgotne, agresywne lub zewnętrzne wiejskie nieskażone	500 h	250 h
Środowisko wilgotne	250 h	168 h
Środowisko suche (wilgotność czasowa)	168 h	96 h
Środowisko suche	96 h	24 h

^ Próby w środowisku wilgotnym.

^ Próby z dwutlenkiem siarki.

^ Próby we mgle solankowej.

Wpływ środowiska, rozpad i korozja (ciąg dalszy)

Interpretacja wyników

Rodzaj prób i czas ekspozycji nie są wystarczające. Aby określić wymagania, należy również sprecyzować rodzaj i poziom dopuszczalnych odchyleń.

Obróbka powierzchni

• **Pojawienie się „białej rdzy"**
Przeznaczone głównie do oszacowania warstw pasywacyjnych obróbek na bazie cynku, aluminium lub kadmu. „Biała rdza" jest szacowana w procentach zdegradowanej powierzchni po próbach ekspozycji na mgłę solankową trwającej od 6 do 168 godzin.

• **Pojawienie się „czerwonej rdzy"**
Pozwala oszacować jakość warstw katodowych zabezpieczających, takich jak cynkowanie stali. Wynik jest wyrażany w procentach zaatakowanej powierzchni po zastosowaniu prób.

• **Stopień wżerów**
Stopień wżerów charakteryzuje ilość uszkodzeń spowodowanych brakiem ciągłości pokrycia na jednostce powierzchniowej. Pomiar ten stosowany jest do pokryć anodowych, takich jak nikiel, miedź i chrom, aplikowanych na stal.

Ocena tych trzech standardowych typów przeprowadzana jest wg wytycznych normy ISO 10289.

Farby i pokrycia organiczne

• **Stopień rdzewienia**
Metoda ta może być stosowana do oceny jakości pokryć anodowych lub katodowych, a przede wszystkim przeznaczona jest do oceny pokrycia farbami.

• **Stopień pokrycia pęcherzami**
Określa liczbę pęcherzy i ich wymiary na powierzchni (porowatość, nieciągłość, niewystarczającą grubość lub złe przygotowanie).

Jedyne ważne próby to te, w których sprecyzowano kryteria pomiarów i interpretacji wyników, takie jak czas ekspozycji, stan elementów, warunki pobierania próbek.

Przykłady typowych zjawisk zaczerpniętych z normy ISO 4628/1

Stopień zardzewienia

Ri 1

Ri 3

Ri 5

Stopień pokrycia pęcherzami (pęcherze o wymiarze 5.)

Stopień 3

Stopień 4

Stopień 5

• **Stopień złuszczenia**
Stosowany w przypadku farb odklejających się warstwowo.

• **Stopień kredowania**
Dosyć trudna ocena jakościowa zakurzonego pokrycia.

• **Propagacja korozji w warunkach uszkodzeń mechanicznych**
Testowana próbka zostaje wcześniej zarysowana ostrzem aż do podłoża. Po przeprowadzeniu próby w mgle solankowej propagacja korozji jest szacowana poprzez pomiar szerokości metalu odsłoniętego od zarysowanego krzyża. Należy określić sposób odspojenia pokrycia ochronnego (taśma przyczepna, sprężone powietrze, skrobak itp.). Próba ta jest drastyczna, ale odzwierciedla rzeczywiste warunki uszkodzeń mechanicznych.

Ocena tych pięciu typów dokonywana jest zgodnie z wytycznymi normy ISO 4628.

4 KONCEPCJE ZABEZPIECZANIA ELEMENTÓW

Instalacje elektryczne wymagają często wykonania i zamontowania konstrukcji metalowych przeznaczonych do podwieszania przewodów (wieszaki, narożniki itp.), do mocowania szafek i szaf (wsporniki, prowadnice itp.) oraz do wielu innych celów w zależności od potrzeb. Poniższe zalecenia nie dotyczą odporności na korozję, mają jedynie za zadanie zwrócić uwagę na kilka podstawowych właściwości przy realizacji.

Kształty, wymiary zewnętrzne i dostępność elementów

W zależności od wybranego sposobu zabezpieczenia (galwanizacja, natryskiwanie termiczne, malowanie pędzlem lub pistoletem itp.) należy uwzględnić stopień złożoności ich powierzchni. Elementy powinny mieć powierzchnie możliwie proste oraz łatwo dostępne.
W miarę możliwości należy zabezpieczyć elementy powierzchni przez lokalne pokrycie cynkowe, odprowadzenie gazów oraz dostęp do malowania ręcznego.
W przypadku przedmiotów o powierzchniach niedostępnych (rury, profile) korozję można ograniczyć, uszczelniając je całkowicie za pomocą spawów, korków lub zaślepek.
W przypadku galwanizacji całkowite zaślepienie można wykonać dopiero po obróbce (ryzyko eksplozji). W elementach nie powinno być obszarów zatrzymujących wodę i zanieczyszczenia. Należy to sprawdzić zwłaszcza w miejscach występowania ciasnych wnęk.
Jeżeli chcemy połączyć płaskie powierzchnie, musimy je najpierw zabezpieczyć oddzielnie, ponieważ w przyszłości może nastąpić penetracja przez wnikanie.
W elementach współpracujących ze sobą należy uwzględnić grubość obróbki, tzn. galwanizacji. Dotyczy to szczególnie elementów gwintowanych, w których podczas skrawania należy uwzględnić dodatkową tolerancję.
Ostre krawędzie stanowią główną przyczynę korozji. Z jednej strony ich obróbka mechaniczna jest utrudniona a podczas malowania pokrywa się je mniejszą ilością farby, z drugiej zaś są one bardziej narażone na uszkodzenia mechaniczne.
Przed obróbką powierzchni zaleca się użycie profili giętych lub spawanych oraz zaokrąglenie kątów ostrych (szlifowanie, wygładzanie).

^ Korozja spowodowana retencją pomiędzy złączonymi i nieszczelnymi elementami.

^ Korozja elementu wklęsłego niezabezpieczonego.

^ Ostre krawędzie i sworznie są częstym siedliskiem korozji.

Wpływ środowiska, rozpad i korozja (ciąg dalszy)

Przykłady praktyczne

Główny element galwanizowany

Elementy wklęsłe niezabezpieczone

Wstawienie usztywniacza

Aby uniknąć stref penetracji, należy wykonać ścieg spawalniczy ciągły lub wstawić ścieg uszczelniający pomiędzy dwa elementy

Blachy węzłowe i wzmocnienia

Łączenie profili

Otwór, przez który uwalnia się gaz niezbędny podczas cynkowania na gorąco (galwanizacja)

Unikać obszarów pokrywających się

Bardziej odpowiednie są spoiny czołowe

Wykonywanie kątów

Unikać kątów ostrych, stanowiących źródło korozji

Bardziej odpowiednie jest spajane kątowe...

...lub kąty złożone z połączeniami czołowymi płaskimi

Przygotowanie powierzchni materiału

Przygotowanie powierzchni powinno odpowiadać wymogom pokryć zabezpieczających. We wszystkich przypadkach powierzchnie powinny być czyste, suche oraz wolne od kurzu i zanieczyszczeń. Należy również wykonać staranne odtłuszczanie. Roztwory niezalecane ze względu na ich toksyczność można zastąpić roztworami wodnymi alkalicznymi (ług sodowy), następnie powinno nastąpić kilkakrotne płukanie i dokładne osuszenie. Rdzę w postaci sproszkowanej lub kruchej należy usunąć. Przylegające ślady rdzy można wygładzić lub poddać obróbce chemicznej. Porady te dotyczą głównie przygotowania ręcznego. Lepsze efekty otrzymujemy po przemysłowej obróbce powierzchni (fosfatyzacja, pasywacja), jednak wymagają one zastosowania bardziej skomplikowanych metod.

Norma ISO 8501-1 proponuje różne typowe sposoby wizualnej oceny stanu powierzchni po operacji usuwania osadu, ziarnowania lub piaskowania. Norma ISO 8503-1 pozwoli określić profil powierzchni.

Spoiny i połączenia

Niezależnie od tego, czy są przykręcane, spawane czy nitowane łączenia pomiędzy elementami stanowią – z wielu przyczyn – bardzo częste źródło korozji.

Zalecane połączenia metali

Zalecane zwłaszcza w środowisku wilgotnym i korodującym.

Operacje spawania, oprócz tych wykonywanych w osłonie gazowej (argon), potrzebują i spalają duże ilości tlenu. Na powierzchniach spoin mogą więc powstać obszary korozji. Jeżeli spoiny zostały wykonane po obróbce powierzchni, co nie jest zalecane, należy je odrestaurować (cynkowanie na zimno aerozolem, farby bogate w cynk itp.).
W złączach tworzą się często trudne do zabezpieczenia obszary retencyjne, gdzie gromadzą się woda i zanieczyszczenia.
Inną przyczyną korozji jest skrawanie (otworowanie) w celu zakładania nitów lub sworzni, powodujące miejscowe zniszczenie obróbki, wytwarzanie skrawów oraz pyłu trudnego do usunięcia i bardzo podatnego na korozję, ostre kąty, a nawet wypływy na skrawanych obrzeżach.
W wyniku nakładania się na siebie różnych metali, na ich styku mogą się tworzyć szczególnie niekorzystne ogniwa elektrolityczne (aluminium/stal, cynk/stal, miedź/cynk itd.). Należy tutaj uwzględnić drobne elementy: wkręty (stal, mosiądz itd.), nity (miedź, aluminium, stal itd.), podkładki.

Wkręty, nity, podkładki oraz inne drobne elementy

Elementy łączące (śruby, nity)	Rodzaj elementów łączących				
	Stal nieosłonięta	Stal nierdzewna	Stal cynkowana lub galwanizowana	Aluminium i stopy	Miedź
Stal nieosłonięta	○	×	×	×	○
Stal nierdzewna	×	●	×	○	○
Stal cynowana	●	×	○	○	○
Stal cynkowana	●	×	●	○	×
Aluminium	×	×	○	●	×
Miedź	○	○	×	×	●
Mosiądz nieosłonięty	○	○	×	×	●
Mosiądz cynowany	○	×	○	○	●
Mosiądz niklowany	○	○	○	×	●

●: zalecane ○: możliwe ×: niezalecane

Wpływ środowiska, rozpad i korozja (ciąg dalszy)

Zgodność elektrolityczna (lub galwaniczna) metali

Maksymalną dopuszczalną wartością potencjału przy ograniczaniu zjawiska korozji między dwoma metalami (strefa zielona po przekątnej) jest 300 mV. Wartość ta może ulec zwiększeniu do 400 mV w warunkach suchych kontrolowanych (strefa niebieska).

Tabela jest pomocna przy wyborze rozwiązań. Nie symuluje w pełni rzeczywistych warunków, na które wpływają również inne czynniki: skład elektrolitu, pH, korozja chemiczna, ilość wody, temperatura, natlenienie środowiska itd. (patrz str. 181).

Zakres zgodności elektrolitycznej metali (w wodzie z 2% NaCl)

	Złoto	Stal nierdzewna 18/8	Srebro	Nikiel	Miedź	Mosiądz	Cyna	Ołów	Stal 25% Ni	Duraluminium	Żeliwo	Brąz aluminiowy	Aluminium	Stal	Alumag	Kadm	Żelazo	Chrom	Alucynk	Cynk	Magnez
Złoto		100	220	300	440	470	670	710	800	810	820	870	960	965	970	970	975	1070	1095	1270	1820
Stal nierdzewna 18/8	100		100	180	320	350	550	590	680	690	700	750	840	845	850	850	855	950	975	1150	1700
Srebro	220	100		80	220	250	450	490	580	590	600	650	740	745	750	750	755	850	875	1050	1600
Nikiel	300	180	80		140	170	370	410	500	510	520	570	660	665	670	670	675	770	795	970	1520
Miedź	440	320	220	140		30	230	270	360	370	380	430	520	525	530	530	535	630	655	830	1380
Mosiądz	470	350	250	170	30		200	240	330	340	350	400	490	495	500	500	505	600	625	800	1350
Cyna	670	550	450	370	230	200		40	130	140	150	200	290	295	300	300	305	400	425	600	1150
Ołów	710	590	490	410	270	240	40		90	100	110	160	250	255	260	260	265	360	385	560	1110
Stal 25% Ni	800	680	580	500	360	330	130	90		10	20	70	160	165	170	170	175	270	295	470	1020
Duraluminium	810	690	590	510	370	340	140	100	10		10	60	150	155	160	160	165	260	285	460	1010
Żeliwo	820	700	600	520	380	350	150	110	20	10		50	140	145	150	150	155	250	175	450	1000
Brąz aluminiowy	870	750	650	570	430	400	200	160	70	60	50		90	95	100	100	105	200	225	400	950
Aluminium	960	840	740	660	520	490	290	250	160	150	140	90		5	10	10	15	110	135	310	860
Stal	965	845	745	665	525	495	295	255	165	155	145	95	5		5	5	10	105	130	305	855
Alumag	970	850	750	670	530	500	300	260	170	160	150	100	10	5		0	5	100	125	300	850
Kadm	970	850	750	670	530	500	300	260	170	160	150	100	10	5	0		5	100	125	300	850
Żelazo	975	855	755	675	535	505	305	265	175	165	155	105	15	10	5	5		95	120	295	845
Chrom	1070	950	850	770	630	600	400	360	270	260	250	200	110	105	100	100	95		25	200	750
Alucynk	1095	975	875	795	655	625	425	385	295	285	275	225	135	130	125	125	120	25		175	725
Cynk	1270	1150	1050	970	800	735	600	560	470	460	450	400	310	305	300	300	295	200	175		550
Magnez	1820	1700	1600	1520	1380	1350	1150	1110	1020	1010	1000	950	860	855	850	850	845	750	725	550	

Systemy zabezpieczające

Warstwy farby trzeba nakładać ostrożnie a ponadto niektórych pigmentów i spoiw nie można nakładać razem. Producenci opracowali więc różne systemy malowania.

■ **Warstwa podstawowa**: stosowana jest bezpośrednio na metal, ma za zadanie hamować proces korozji oraz zapewnić przyleganie następnych warstw (fosfatyzacja powierzchni stalowych, pokrycie farbą antykorozyjną, galwaniczne mycie powierzchni).

■ **Warstwa pośrednia**: łączy warstwę podstawową z wykończeniową. Często zawiera pigmenty lub środki zwiększające jej nieprzemakalność oraz działanie antykorozyjne (sproszkowany cynk, aluminium itp.).

■ **Warstwa wykończeniowa**: powinna być odporna na czynniki środowiskowe (UV, woda, gaz itp.) i mechaniczne, jak również szczelna i ciągła. Korzystne jest więc nałożenie wielu warstw wykończeniowych. Sucha warstwa farby nigdy nie jest doskonale szczelna, dlatego grubość warstwy powinna być uzależniona od środowiska.

Przykłady obróbek i pokrycia w zależności od warunków ekspozycji (dla czasu użytkowania 10 lat do pierwszej konserwacji)

Warunki eksploatacji (patrz str. 162)	Obróbka powierzchni	Pokrycia i systemy malowania[1]
Środowisko zewnętrzne na pełnym morzu	• Z >100 µm • Z600/Z1000	• 2 pierwsze powłoki cynkowane (50 µm) + 2 powłoki pośrednie (60 µm) + 2 powłoki wykończeniowe (150 µm)
Środowisko zewnętrzne nad morzem	• Z >70 µm • fl Zn 1500 • Z450/Z750	• 2 pierwsze powłoki cynkowane (50 µm) + 2 powłoki pośrednie (60 µm) + 2 powłoki wykończeniowe (150 µm)
Środowisko przemysłowe	• Zn 25 • fl Zn 1000 • Z350/Z450 (od 25 do 30 µm)	• 1 powłoka na spodzie cynkowana (30 µm) + 1 powłoka pośrednia (30 µm) + 2 powłoki wykończeniowe (120 µm)
Środowisko mieszane wiejskie/miejskie	• Zn 15/Zn 20 • fl Zn 500 • Z275/Z350 (od 20 do 25 µm)	• 1 powłoka na spodzie cynkowana (30 µm) + 2 powłoki wykończeniowe (120 µm) • Z 140 + 1 powłoka dolna (30 µm) + 2 powłoki wykończeniowe (120 µm)
Środowisko wilgotne, agresywne	• Zn 12/Zn 15 • Z 200/Z 275 (od 15 do 20 µm)	• Z 140 + 1 powłoka dolna (30 µm) + 2 powłoki wykończeniowe (120 µm)
Środowisko wilgotne	• Zn 8/Zn 10 • Z 140 (10 µm)	• EZ 5 + 2 powłoki wykończeniowe (120 µm) • Z 100 + 1 powłoka dolna (30 µm) + 1 powłoka wykończeniowa (50 µm)
Środowisko suche	• EZ 5 • Zn 5 • Z 100	• EZ 2,5 + 1 powłoka wykończeniowa (60 µm) • 1 powłoka na spodzie (20 µm) + 1 powłoka wykończeniowa (50 µm)

Oznaczenia skrótów:
- Zn xx: cynkowanie elektrolityczne o grubości minimalnej xx w µm (ISO 2081, ISO 4042)
- EZxx: elektrocynkowanie o grubości nominalnej xx w µm (EN 10152)
- Zxxx: galwanizowanie na gorąco o ciężarze warstwy xxx w g/m^2, podwójna powierzchnia (EN 10292, EN 10326, EN 10327)
- fl Zn xxx: obróbka cynkowa płytkowa (xxx = odporność na słoną mgłę) (ISO 10383)

(1) Wykończenie na bazie żywicy glicerynowo-ftalowej oraz na bazie poliuretanu na zewnątrz.

Wpływ środowiska, rozpad i korozja (ciąg dalszy)

5 OKRES UŻYTKOWANIA

Należy sprecyzować, czy okres użytkowania oznacza:
– okres przed pierwszą konserwacją,
– okres przed pierwszymi dużymi naprawami,
– okres przed wymianą elementów,
– okres przed osiągnięciem stanu zniszczenia.

Umowy i gwarancje często tego nie uściślają. Okres użytkowania systemów zabezpieczających, farb i obróbki powierzchni jest ściśle związany z jakością, przygotowaniem i realizacją początkową, a następnie z dokładnymi warunkami ekspozycji, do których dochodzą dodatkowe warunki (uderzenia, manipulacje, ścieranie, czynniki korodujące itp.).

< Odspojenie promieniste warstwy farby w wyniku uderzenia. To przypadkowe zdarzenie może znacznie skrócić okres zabezpieczenia powierzchni.

< Odspojenie warstwy wykończeniowej spowodowane niezgodnością między warstwami.

Przewidywany okres użytkowania

„Przed pierwszą konserwacją" – oznacza okres przed pierwszymi małymi naprawami (retuszowanie kątów, skrobanie i zatykanie pęcherzy, odmalowywanie elementów, np. śrubek). Nie dotyczy to mycia (mycia z pianą) podczas bieżącej konserwacji ani przypadkowych napraw.

„Przed pierwszymi dużymi naprawami" – oznacza okres, pod koniec którego należy odmalować daną część lub całe urządzenie. Odzyska ono swoje początkowe przeznaczenie i będzie wymagać sprecyzowania nowego okresu użytkowania.

„Przed wymianą elementów" – oznacza okres przed zwykłą lub przewidywaną wymianą elementów (części skrawane).

„Przed osiągnięciem stanu zniszczenia" – poza tym okresem urządzenie nie działa poprawnie i nie nadaje się do naprawy.

Klasyfikacja podatności na korozję w danym środowisku

Normy ISO 14713 (pokrycia cynkowe i aluminiowe) oraz ISO 12944-2 (pokrycie antykorozyjne konstrukcji stalowych poprzez malowanie) określają podatność na korozję w danym środowisku, bazującą na szybkości rozpuszczania cynku: zmniejszenie masy lub grubości w ciągu roku.

Klasy podatności na korozję		Utrata masy (g/m²)	Utrata grubości (µm)
C5 M	Bardzo wysoka (morska)	>30 i ≤60	>4,2 i ≤8,4
C5 I	Bardzo wysoka (przemysłowa)	>30 i ≤60	>4,2 i ≤8,4
C4	Wysoka	>15 i ≤30	>2,1 i ≤4,2
C3	Średnia	>5 i ≤15	>0,7 i ≤2,1
C2	Słaba	>0,7 i ≤5	>0,1 i ≤0,7
C1	Bardzo słaba	≤0,7	≤0,1

Pokrycia malowane na stali cynkowanej lub galwanizowanej

Na przykładzie blach walcowanych lub wcześniej lakierowanych używanych do oszalowania i pokrywania budynków możemy stwierdzić, że systemy zabezpieczające (obróbka cynkiem + farba) stosowane w procesach przemysłowych gwarantują doskonałą wytrzymałość.
Z kolei nakładanie farby na powierzchnie cynkowane i galwanizowane wymaga ostrożności, gdyż pod koniec procesu może nastąpić odspojenie warstwy farby.
Cynk jest metalem bardzo reaktywnym.
Warstwy pokrywające powinny być doskonale szczelne, aby uniknąć przenikania wody i tlenu. Należy więc poczekać, aż cynk ulegnie pasywacji (patrz str. 185) i pokryje się naturalną patyną.
Odporność farb na galwanizację może się zmniejszyć w obecności ołowiu, który z natury jest trudno przylegający. Oznaką tego jest nalot na powierzchni.

We wszystkich tych przypadkach zaleca się nałożenie warstwy podstawowej na podkładzie cynku o dużej przyczepności. W zależności od producenta zabieg ten wykonuje się z nabłyszczaniem powierzchni lub bez.

Typowe odklejanie się warstw farby na powierzchni galwanizowanej.

Wpływ środowiska, rozpad i korozja (ciąg dalszy)

DOBÓR OBUDÓW

Podstawową zasadą jest dostosowanie cech obudów i urządzeń do warunków środowiskowych.
Należy jednak wyróżnić:
– obudowy właściwe dla niektórych urządzeń i ściśle z nimi związane (obudowy wyłączników, autonomiczne bloki, klawiatury),
– obudowy uniwersalne (rozdzielnice, szafy), przeznaczone do różnego rodzaju urządzeń (do sterowania, sygnalizacji, aparaty wysokoprądowe, automatyka itp.) oraz spełniające wszystkie związane z tym funkcje (okablowanie, połączenia itd.).
W pierwszym przypadku obudowa musi być zaadaptowana do warunków użytkowania urządzenia. Oznacza to, że w warunkach nietypowych lub bardziej surowych konieczne może okazać się podjęcie dodatkowych środków zabezpieczających.
W drugim przypadku przy wyborze obudowy musimy uwzględnić wymiary (typ urządzenia, moc, liczba odpływów itp.) oraz warunki związane ze środowiskiem (rodzaj pomieszczeń, środowisko korodujące, obecność wody lub kurzu itp.).

Wybór obudowy zawsze wymaga dostosowania jej do rzeczywistego środowiska, w którym będzie użytkowana.

< Obudowy Plexo (RN55) – do wszystkich zastosowań, gdzie wymagane są szczelność i zabezpieczenie przed korodującym działaniem środowiska.

1 MATERIAŁY, Z KTÓRYCH WYKONUJE SIĘ OBUDOWY

Różnorodność materiałów stosowanych na obudowy firmy Legrand pozwala na ich właściwy dobór do każdego typu środowiska. Obudowy są produkowane z materiałów syntetycznych lub z metalu.

Polimery

Stosowane do obudów o małych lub średnich wymiarach (np. obudowy modułowe). Materiały podstawowe (poliwęglan, polistyren, polipropylen itp.) są modyfikowane specyficznymi środkami chemicznymi (elementy chroniące przed promieniowaniem UV, opóźniacze ognia, plastyfikatory przeciwuderzeniowe itp.).
Obudowy te mogą być używane w zwykłych zakresach temperatur (od –20 do +70°C) oraz w środowiskach wilgotnych i umiarkowanie agresywnych.

< Obudowy XL³ 160 zbudowane z polimerów spełniają wymagania mechaniczne dotyczące odporności na niszczenie oraz wymagania elektryczne, szczególnie w zakresie izolacji elektrycznej.

Poliester wzmocniony włóknem szklanym

Poza zaletami w zakresie izolacji elektrycznej materiał ten ma również wysoką odporność na czynniki chemiczne i korodujące, a także doskonałe cechy mechaniczne. Oprócz tego jest trudno palny i ma wysoką temperaturę użytkowania (85°C).

Poliestry z włóknem szklanym (SMC: Sheet Molding Compound) występują w formie mat impregnowanych katalizowaną żywicą. Formuje się je pod ciśnieniem w formach, a następnie podgrzewa do polimeryzacji. Czas wytwarzania jest dość długi, a warunki przemysłowe trudne.

^ Obudowy poliestrowe Marina są doskonale dostosowane do użytkowania w warunkach agresywnych (nadmorskich). Można w nich zamontować konstrukcję wsporczą do montażu aparatów modułowych.

^ Obudowy Marina – formowane przez prasowanie ciśnieniowe.

Właściwości poliestru wzmocnionego włóknem szklanym w obudowach Marina

- **Cechy mechaniczne:**
  - **wysoka odporność na uderzenia: IK10 zgodnie z normą EN 50102,**
  - **duża stabilność wymiarów,**
  - **odporność na czynniki chemiczne,**
  - **bardzo dobra odporność na solanki,**
  - **duża odporność na alkohole i węglowodory alifatyczne,**
  - **duża odporność na słabe kwasy (octowy, cytrynowy, mocznikowy, mlekowy itp.) i zasady,**
  - **ograniczona odporność na mocne kwasy (azotowy, nadchloranowy, siarkowy, fluorowodorowy itp.),**
  - **ograniczona odporność na płyny chlorowane i ketony.**
- **Odporność na działanie temperatury:**
  praca ciągła od –40 do +85°C (+100°C – krótkotrwała).
- **Odporność na wysoką temperaturę i żar:**
  960°C materiał samogasnący < 5 s wg IEC 60695-2-11.

Wpływ środowiska, rozpad i korozja (ciąg dalszy)

Stal pokryta poliestrem

Obudowy wykonane ze stali pokrytej poliestrem mają wiele zastosowań: w lokalach usługowych i przemysłowych suchych lub wilgotnych (szafy XL^3, Altis), w środowisku zewnętrznym wiejskim, miejskim lub przemysłowym w normalnych warunkach środowiskowych (szafki Atlantic, Altis monoblok). Są bardzo odporne na uderzenia, zarysowania i zużycie mechaniczne. Bardzo szeroki zakres temperatur pracy ciągłej: od –40 do +100°C (140°C – krótkotrwała).
Odporność na korozję pokryć z poliestru jest bardzo wysoka, ale wymaga doskonałej technologii produkcji. Najważniejsza jest przygotowawcza obróbka powierzchni. Podobnie jak poliestrem stal można pokrywać żywicą, z tym że jest ona mniej odporna na promieniowanie ultrafioletowe.

Malowanie elektrostatyczne

Malowanie proszkowe obudów

Podczas nakładania farb termoutwardzalnych w proszku (na bazie żywicy poliestrowej lub epoksydowej) wykorzystuje się przyciąganie elektrostatyczne ładunków. Proszek naładowany elektrostatycznie przez generator bardzo wysokim napięciem natryskuje się przy użyciu pistoletu. Pomalowany element zostaje następnie przeniesiony do żelatynowania przez promienie podczerwone, a w dalszej kolejności do wypalania końcowego w 200°C, gdzie warstwa farby staje się jednolita i przylegająca.

< Pokrycie z poliestru (o grubości 60 µm) w szafkach Atlantic zapewnia doskonałą odporność na korozję.

Właściwości pokrycia obudów malowanych Altis i Atlantic

Kolory
Obudowy: szary RAL 7035 841-GL.
Cokoły: ciemnoszary RAL 7021 841-GL.
Inne kolory:
- niebieski AFNOR 2525 NF X08-002,
- pomarańczowy AFNOR 2130 NF X08-002,
- 180 odcieni RAL na zamówienie.

Wygląd: splot jedwabny (błyszczący 60%).
Grubość znamionowa: na zewnątrz 80 µm, wewnątrz 60 µm.

Cechy mechaniczne
Przyczepność: klasy od 0 do 1 wg normy EN ISO 2409.
Odporność na uderzenia: 2 kg na 0,5 m wg normy ISO 7272.
Gięcie: trzpień Ø6 mm.
Tłoczenie: głębokość 8 mm wg normy EN ISO 1520.
Gwintowanie: ostrze Ø0,5 mm na 1,5 kg.
Przebijanie: Ø20 mm, łuszczenie <1 mm.

Odporność na korozję
Próba w mgle solankowej: 1000 h wg normy EN 60068-2-11.
Próba z użyciem dwutlenku siarki z kondensacją wilgoci (18,5 g/m³): 500 h ciągle wg normy ISO 6988.
Stopień zardzewienia Ri 1 i stopień pokrycia pęcherzami 0 (wg normy ISO 4628/1) dopuszczalne po wykonaniu prób.

Temperatura:
100°C – praca ciągła, 150°C – praca do 3 godzin, 200°C – krótkotrwała.

Odporność na promieniowanie UV
Doskonała (próba wg normy EN ISO 11341).

Odporność na czynniki chemiczne
Doskonała, wyjątek stanowią mocne roztwory (ketony, alifatyczne, chlorki itp.).
Szczegóły są podane w instrukcjach technicznych.

Odporność na ogień
Klasyfikacja M0.
Wartość opałowa górna 2,1 MJ/m².

^ Obudowy XL³ i Altis. Stal powlekana poliestrem metodą malowania proszkowego.

Pokrycia poliestrowe oraz obróbki powierzchni stosowane w obudowach XL³, Altis i Atlantic firmy Legrand, mającej duże doświadczenie i będącej autorem wielu nowatorskich rozwiązań, gwarantują wyjątkową odporność na czynniki zewnętrzne.

Wpływ środowiska, rozpad i korozja (ciąg dalszy)

Stal nierdzewna

Stal nierdzewna wykazuje bardzo wysoką odporność na degradację, jest więc stosowana w obudowach pracujących na zewnętrz i wewnątrz, w bardzo agresywnych środowiskach przemysłowych (przemysł chemiczny, naftowy, metalurgiczny itp.), również morskich (instalacje na brzegu morza, na platformach, na molo itp.).
Stal nierdzewna jest także wyjątkowo odporna na bakterie i mikroorganizmy (pleśnie, grzyby) i może być stosowana w branży rolno-spożywczej, farmaceutycznej, szpitalach i laboratoriach.
Należy zauważyć, że w przeciwieństwie do zwykłej stali nie jest krucha w niskiej temperaturze; obudowy Atlantic były poddawane próbom w temperaturze do -80°C.

< Stal nierdzewna 304 L (lub 316 L) w szafkach Atlantic Inox o stopniu ochrony IP66.

Właściwości stali nierdzewnych stosowanych w obudowach Atlantic i Altis Inox

Stal austenityczna o niskiej zawartości węgla 304 L (Z3 CN18-10 wg normy NF A 35-573).
Na zamówienie – stal austenityczna lub molibdenowa 316 L (Z3 CND 17-12-02).

Stan powierzchni:
Polerowanie 180 (wg normy NF E 05-015), średnia szorstkość Ra: od 0,25 do 0,35 µm, zgodna z wymogami odkażania spożywczego powierzchni.

Odporność na czynniki chemiczne:
– doskonała odporność na korozję w środowisku naturalnym (wiejskim i miejskim), wysoka odporność na kwasy: octowy, cytrynowy, mlekowy,
– 304 L; odporność ograniczona w obecności chlorków (brzeg morza), płynów chlorowanych lub niektórych rozpuszczonych kwasów (chlorowodorowego, siarkowego) niektóre zastosowania spożywcze (wina, musztarda) oraz częste mycie podchlorynem sodu,
– 316 L; doskonała odporność w środowiskach spożywczych i wielu środowiskach chemicznych kwaśnych (kwasy fosforowe, organiczne, czyste siarkowe, azotowe itp.),
– dobra odporność przy umiarkowanym występowaniu chlorków oraz pochodnych chlorków w ograniczonym stężeniu.

< Całkowite zabezpieczenie części górnej i elementów odprowadzających wodę w szafach Altis Inox o stopniu ochrony IP56.

Inne uwagi

Magnez to dobry składnik stali nierdzewnych!
Niektóre stale nierdzewne austenityczne są amagnetyczne i uznawane za najbardziej odporne na korozję, przy czym uszkodzenia miejscowe (gięcie, tłoczenie) mogą zniwelować tę cechę. To samo w przypadku niektórych stali ferrytowych, które mimo iż są stalami magnetycznymi, mają bardzo wysokie właściwości antykorozyjne (tłumiki wydechowe, dysze itp.).

Różne rodzaje stali nierdzewnych

Wyróżniamy trzy rodzaje stali:
- stale martenzytyczne z chromem – o bardzo dobrych właściwościach mechanicznych i bardzo szerokim zastosowaniu: od domowego (noże, krany itp.) do przemysłowego (przemysł naftowy, jądrowy itp.). Ich odporność na korozję zależy od różnych czynników,
- stale ferrytowe z chromem – w niższej cenie przy obróbce klasycznej, ale o ograniczonej odporności na korozję, zwłaszcza że wykorzystując niektóre właściwości, wykonuje się z nich zbiorniki lub rury wydechowe,
- stale z chromem-niklem – w przypadku gdy odporność na korozję jest szczególnie pożądana. W tej rodzinie najczęściej stosowane stale to (oznaczenie amerykańskie AISI):
- 303 – o odporności identycznej jak 304, ale wrażliwe na środowisko kwaśne (przemysłowe) lub chlorkowe (morskie),
- 304 – duża odporność w środowisku naturalnym i umiarkowanie agresywnym w obecności chlorków lub kwasów (ograniczenia w przemyśle rolno-spożywczym: wina, musztardy itp.),
- 304 L – doskonała odporność we wszystkich środowiskach naturalnych, w tym miejskim; niska zawartość węgla (0,03%) gwarantuje odporność na korozję wewnątrzkrystaliczną,
- 316 – większa odporność niż 304, ale niepewna odporność na korozję wewnątrzkrystaliczną,
- 316 L – doskonała odporność w środowiskach chemicznych kwaśnych i chlorkowych.
W zależności od procesu metalurgicznego mogą istnieć subtelne różnice w składzie stali. Amerykańska norma AISI dopuszcza duże tolerancje w składzie chemicznym. Tak więc 316 L dotyczy pięciu oznaczeń francuskich, gdzie zawartość chromu zmienia się od 17 do 18%, niklu – od 11 do 14%, a węgla – od 0,01 do 0,03%.
Nowa norma europejska EN 10088-2 przejmuje oznaczenie numeryczne (werkstoffnummer) normy niemieckiej (DIN 17440/41), jak również jej oznaczenie składu chemicznego. Powinna umożliwić bezpośrednie porównanie.

Oznaczenia stali w zależności od krajów i norm

	Austenityczne z zawartością siarki	Austenityczne	Austenityczne z niską zawartością węgla	Austenityczne z zawartością molibdenu	Austenityczne z zawartością molibdenu i niską zawartością węgla
Stany Zjednoczone/AISI	303	304	304 (L)	316	316 (L)
Stany Zjednoczone/UNS	S 30300	S 30400	S 30403	S 31600	S 31603
Europa/EN 10088-2 (1995)	X8CrNiS 18-9	X5CrNi 18-10	X2CrNi 19-11	X5CrNiMo 17-12-2	X2CrNiMo 17-12-2
Europa/oznaczenie numeryczne	1.4305	1.4301	1.4306 lub 1.4307	1.4401	1.4404
UK/BS 1554 (1990)	303 S 21	303 S 31	304 S 11	316 S 19	316 S 11
Niemcy/werkstoffnummer	1.4305	1.4301	1.4306	1.4401	1.4404
Francja/NF A35-573 (1990)	Z8 CNF 18-09	Z7 CN 18-09	Z3 CN 18-10	Z7 CND 17-11-02	Z3 CND 17-12-02
Francja/oznaczenie zwykle używane		Z6 CN 18-09	Z2 CN 18-10	Z8 CND 17-11	Z2 CND 17-12
Szwecja/MNC 9008 (1985)	SIS 2346	SIS 2332	SIS 2352	SIS 2347	SIS 2348
Szwecja/JIS G 4304 (1987)	SUS 303 Se	SUS 304	SUS 304 L	SUS 316	SUS 316 L

Wpływ środowiska, rozpad i korozja (ciąg dalszy)

2 DOBÓR OBUDOWY

Trwałość instalacji zależy przede wszystkim od trafnego wyboru materiałów oraz obudów zabezpieczających przed agresywnymi warunkami zewnętrznymi. Znajomość środowiska, w którym będzie instalowana obudowa, ma w tym kontekście ogromne znaczenie (patrz podstawowe cechy w poprzednim rozdziale). W zależności od lokalizacji można zweryfikować zgodność i ograniczenia dotyczące warunków fizyczno-chemicznych dla każdego materiału. Stopnie ochrony IP i IK również określają poziom zabezpieczenia przed kurzem, wodą i uszkodzeniami mechanicznymi.

Dobór obudów w zależności od niszczących warunków środowiska

Obudowy firmy Legrand	Wnętrze suche	Wnętrze wilgotne	Wnętrze wilgotne i agresywne	Środowisko zewnętrzne wiejskie ocienione	Środowisko zewnętrzne przemysłowe i miejskie ocienione	Środowisko zewnętrzne wiejskie	Środowisko zewnętrzne przemysłowe i miejskie	Środowisko zewnętrzne morskie
Obudowy Plexo (RN55)								
XL³ 160 wnękowe								
XL³ 160 metalowe i izolacyjne		(1)	(1)					
XL³ 400 metalowe i izolacyjne		(1)	(1)					
XL³ 800 metalowe		(1)	(1)					
XL³ 160								
XL³ 400								
XL³ 800								
XL³ 4000			(1)	(1)	(1)			
Obudowy Atlantic							(2)	
Obudowy Marina								
Obudowy Atlantic Inox							(3)	(3)
Altis monoblok							(2)	
Altis do składania								
Altis Inox do składania							(3)	
Altis Inox monoblok							(3)	(2)

(1) Z drzwiami i uszczelką.
(2) Zaleca się zamontowanie daszka ochronnego.
(3) Można wykonać obudowę ze stali 316L, jeśli montaż rozdzielnicy jest przewidziany w warunkach szczególnie trudnych.

Klasyfikacja środowisk została w tabeli uproszczona:
- 3 poziomy dla instalacji wewnętrznych,
- 2 poziomy dla instalacji osłoniętych,
- 3 poziomy dla instalacji zewnętrznych.

Szczegółowe informacje w tym zakresie zawiera norma IEC 60721-3-3 „Zastosowanie na stanowisku stale zabezpieczonym przed warunkami atmosferycznymi", która wyróżnia 8 poziomów: od 3K1 (pomieszczenia zamknięte, klimatyzowane) do 3K8 (pomieszczenia otwarte, niekontrolowane, narażone na śnieg i deszcz).
Jeżeli chodzi o instalacje niezabezpieczone przed zmiennymi warunkami pogodowymi, norma IEC 60721-3-4 wyróżnia 5 poziomów: od 4K1 do 4K4L.
Klasyfikację tę uzupełniają dodatkowe warunki:
- B (biologiczne),
- C (chemiczne),
- S i M (mechaniczne).

^ Wilgoć i pył – obudowy Altis IP55 zainstalowane w pracowni obróbki kamieni.

Szafki Atlantic Inox, szafy Altis Inox monoblok i do składania to pełna gama obudów spełniających wymagania w zakresie higieny, doskonały wybór dla branży rolno-spożywczej. >

Wpływ środowiska, rozpad i korozja (ciąg dalszy)

3 OBRÓBKA MECHANICZNA I ELEMENTY WYKOŃCZENIOWE OBUDÓW

Montaż obudów, rozdzielnic i szaf wymaga wykonania prac adaptacyjnych w przypadku:
- prefabrykowania rozdzielnicy (otworowanie, cięcie, doprowadzanie kabli, wentylowanie itp.),
- instalowania w miejscu przeznaczenia (ściana, słup),
- instalowania w określonych warunkach środowiskowych (nasłonecznienie, cień, narażenie na deszcz, wymagania higieniczne itp.).

Obróbka stali i poliestru

Środki ostrożności stosuje się w zależności od materiału, niemniej jednak jeżeli mamy do czynienia ze środowiskiem innym niż wewnętrzne suche, po każdej obróbce skrawalniczej należy odnowić zabezpieczenie. Najczęściej używane narzędzia to:
- wiertła i gwintowniki stalowe do wykonywania otworów o małych średnicach (<13 mm), przeznaczone do mocowania za pomocą śrub, nitów metalowych lub plastikowych,
- otwornice używane do wykonywania otworów i prześwitów (od 15 do 60 mm), do mocowania dławików, elementów sterowniczych i sygnalizacyjnych (przyciski, lampki) oraz innych różnych urządzeń (komputery, klawiatura itp.),
- wyrzynarki lub piły drgające do wykonywania dużych otworów (wentylacja, panele czołowe, urządzenia zasilające, konsole, kontrolki itp.).

^ Otworowanie.

^ Wycinanie wyrzynarką otworów w szafce Atlantic, z uprzednim zabezpieczeniem jej taśmą klejącą.

^ Wycinanie piłą diamentową otworów w szafce Marina.

^ Wycinanie otwornicą otworów w szafce Marina.

Dokładne cięcie, brak zadziorów oraz jakość pracy zależą od narzędzi i ich naostrzenia. Należy więc unikać pracy ze szlifierką kątową palącą farbę, niszczącą obróbkę powierzchni i wytwarzającą zadziory – źródło korozji i uszkodzeń.

Operacje skrawania odsłaniają metal, dlatego należy go ponownie zabezpieczyć, gdy obudowa wystawiona jest na działanie wilgoci i innych czynników zewnętrznych.
Śruby i gwinty zabezpieczamy kroplą preparatu, który zapewni jednocześnie ochronę, trwałość połączenia oraz szczelność.
Brzegi wyciętych otworów w blachach (oprócz nierdzewnej) zabezpieczamy ponownie, retuszując je za pomocą farby w aerozolu lub nakładając pędzlem farbę antykorozyjną.

< Ręczny retusz odsłoniętych brzegów blachy stosowany w przypadku instalacji pracujących w środowisku wilgotnym lub korozyjnym.

Wióry powstające przy skrawaniu są źródłem korozji, ale mogą też stanowić bezpośrednią przyczynę awarii. Pył wytwarzany podczas pracy z poliestrem podrażnia drogi oddechowe, należy więc zabezpieczyć się przed jego wdychaniem.

Obróbka stali nierdzewnej

Stal nierdzewna jest bardzo czuła na obecność cząsteczek żelaza, które zanieczyszczają powierzchnię. Mogą one pochodzić z różnych źródeł, takich jak: narzędzia skrawalnicze, kształtowanie, operacje spawalnicze, a nawet położenie na blacie maszyny. Stal wygląda wtedy, jakby była zardzewiała!
Obróbka stali nierdzewnej, otworowanie, cięcie, a nawet gięcie powinny być wykonywane specjalnymi narzędziami. Nie należy stosować prasy do metali, zaleca się użycie szczotki z nylonu. Zdarza się, że nie można zapobiec przenikaniu cząsteczek żelaza do stali nierdzewnej – konieczne jest wówczas oczyszczenie. Wykonuje się je przez mycie i – jeżeli to możliwe – płukanie w kwasie azotowym 50%. Stosowanie kwasu azotowego jest niebezpieczne ze względu na ryzyko wybuchu w połączeniu z innymi substancjami.
Do małych powierzchni używa się past wytrawiających, niemniej jednak najlepszym środkiem zabezpieczającym jest zachowanie dokładności i czystości.

< Wycinanie otworu wycinarką drgającą.

Wpływ środowiska, rozpad i korozja (ciąg dalszy)

< Stal nierdzewna zardzewiała z powodu skażenia żelazem.

Obudowy Atlantic w momencie dostarczenia nie są skażone żelazem. Wykonuje się je w specjalnych pracowniach za pomocą wybranych do tego celu narzędzi. Spawy są oczyszczone, a powierzchnie wewnętrzne czyszczone przy pomocy mikrocząsteczek szkła. Przyczyn tworzenia się rdzy należy więc upatrywać w czynnościach wykonywanych po rozpakowaniu urządzenia.

Malowanie obudów

Względy estetyczne i/lub konieczność dodatkowego zabezpieczenia powodują, że istnieje niekiedy potrzeba nałożenia jednej lub kilku dodatkowych warstw na metalowe bądź też plastikowe obudowy.
Możliwe są tu trzy rozwiązania, które dają różne efekty.

• Malowanie bezpośrednie
Ze względu na konieczność wysokiej odporności na zanieczyszczenia, malowanie poliestrem o kolorze RAL 7035 jest trudne do wykonania.
Jedynie farby poliuretanowe dwuskładnikowe do samochodów lub do zastosowania w przemyśle umożliwiają bezpośrednie pokrycie po lekkim zmatowieniu papierem ściernym wodnym (ziarno od 240 do 400). W praktyce farby te nakłada się tylko za pomocą pistoletu. Metodą tą odbywa się malowanie szafek Marina.

• Malowanie z warstwą pośrednią
Warstwa pośrednia nakładana jest na podłoże (farba poliestrowa, poliester SMC) i ułatwia przyleganie najbardziej popularnych farb (albo systemów malarskich): kauczuk, pochodne chlorków bądź izomerów, oleje, alkidy, alkidy modyfikowane (uretan, epoksyd), poliuretan, epoksydy, poliester.

• Malowanie na przygotowanej fabrycznie warstwie pośredniej
Obudowy Atlantic i Altis mogą być dostarczone na zamówienie ze specjalnie opracowaną warstwą antykorozyjną w kolorze jasnoszarym matowym, stanowiącą doskonałe zabezpieczenie i podstawę do różnego rodzaju malowania końcowego: farby celulozowe i pochodne, akrylowe i metakrylowe, kauczuk i jego pochodne, oleje modyfikowane, aldehydy krótkie i średnie olejowe, alkidy modyfikowane (epoksyd, uretan, silikon), poliuretan, poliester, silikon modyfikowany.

^ Obudowy XL³, Atlantic i Altis mogą być dostępne w 180 kolorach – wykonanie na specjalne zamówienie.

Odradza się malowania farbami, które mają w swoim składzie żywice gliceroftalowe, oraz dyspersje wodne (winylowe lub akrylowe).

Naprawa uszkodzonych powierzchni

Im wcześniej zostanie wykonana naprawa, tym szybciej ograniczymy powstałe uszkodzenia. Dotyczy to zarówno obudów malowanych, jak i poliestrowych. Odpryśnięcie farby, zarysowanie lub mocne uderzenie odsłaniające metal są niepożądane nie tylko ze względów estetycznych, ale stanowią także ognisko korozji i w końcu powodują jej rozprzestrzenienie się. Uszkodzone powierzchnie należy zdrapać i usunąć farbę nieprzywierającą do podłoża. Przed retuszem farbą wykończeniową należy nałożyć warstwę podkładową antykorozyjną (na bazie cynku i aluminium). Jeżeli uszkodzenia są znaczne, a blacha stalowa została zaatakowana przez rdzę, przed malowaniem należy lekko oszlifować powierzchnię.

Trwałość urządzeń wymaga nadzoru i konserwacji. Uszkodzenia przypadkowe nie są przedmiotem gwarancji (patrz str. 198), należy więc jak najszybciej je zlikwidować.

Aerozole retuszujące o kolorach RAL 9002, RAL 7035, RAL 9032 itd. stosuje się do napraw małych powierzchni. Nie zapobiegają one rdzewieniu. Szczególnie mocne są roztwory aerozolu (celulozowe). W razie potrzeby należy zastosować specjalną warstwę podkładową antykorozyjną.

W obudowach Marina jak najszybciej powinny być usunięte odpryski poliestru wzmocnionego włóknem szklanym. Uszkodzenie powierzchni powoduje odsłonięcie matrycy i włókien szklanych, a ponieważ są one higroskopijne, do materiału przedostaje się wilgoć. Można użyć żywic stosowanych do poprawy karoserii samochodów, a także odmalować uszkodzone miejsce.

Pokrycia antygraffiti

Szafki Marina mogą być zabezpieczone warstwą antygraffiti. Oczyszczanie z graffiti należy przeprowadzić możliwie jak najszybciej, używając do tego celu alkoholu. W przypadku gdy nie jest ono skuteczne, można użyć acetonu lub specjalnej pasty wytrawiającej.

Ograniczenia mechaniczne

Oprócz podstawowych wymagań dotyczących działania mechanicznego (np. otwieranie drzwi obudów, możliwość wysuwania aparatów) urządzenia energetyczne powinny spełniać także wymagania specjalne – należy sprawdzić, czy dobór materiałów i wykonanie uwzględniają ograniczenia mechaniczne związane ze środowiskiem. Stwierdzenie takich ograniczeń nie jest łatwe.

W zależności od przeznaczenia instalacji ograniczenia mechaniczne mogą się różnić, mogą też ulegać zmianie. Decydują o tym m.in.:
– użytkowanie instalacji w miejscu zabezpieczonym przed wpływem czynników atmosferycznych (instalacje wewnętrzne),
– użytkowanie instalacji na zewnątrz, niezabezpieczone przed wpływem czynników atmosferycznych (żurawie, mosty),
– użytkowanie w trudnych warunkach (np. na placach budów, instalacje na pojazdach, kompresory, zespoły prądotwórcze).
Ograniczenia mechaniczne materiałów należy dokładnie oszacować i przetestować.

1 SUBSTANCJE MECHANICZNIE CZYNNE

Duża ilość piasku lub kurzu może uszkodzić sprzęt, przedostając się do jego wnętrza (patrz warunki instalacji), ale również osadzając się na nim (co może doprowadzić do zaklinowania mechanizmów) lub ścierając powierzchnie (zarysowania, korozja). Tego rodzaju warunki pracy urządzeń mogą występować w niektórych rodzajach działalności (np. w kamieniołomach, cementowniach) lub w rejonach pustynnych. Piasek, który składa się głównie z cząsteczek kwarcu o grubości od 100 do 1000 µm, może zarysowywać materiały, w tym również szkło.

Ograniczenia mechaniczne, uderzenia, wibracje i fale sejsmiczne są opisane w rozdziale 512 normy IEC 60364-5-51 jako wpływ warunków zewnętrznych. Norma IEC 60721-3 zawiera szczegółową klasyfikację (do 8 poziomów), łącznie z wartościami takich parametrów, jak amplituda, przyspieszenie i częstotliwości.

2 MECHANICZNE PARCIE WIATRU

Planując budowę linii napowietrznych, należy uwzględnić skutki mechaniczne związane z ruchami powietrza. Znacznym siłom (proporcjonalnym do ich rozmiarów) mogą być poddane również rozdzielnice elektryczne, obudowy i sposoby ich zamocowania. W bardzo wietrznych strefach (na statkach, na molo, na platformach, na wiaduktach) występują wiatry lub ruchy powietrza o dużej sile.

Siła wiatru oddziałująca na powierzchnię może być obliczana wg następującego wzoru:

$$F = 0{,}62\ V^2S,$$

gdzie:
F: siła N (niuton),
V: prędkość wiatru w m/s,
S: powierzchnia prostopadła do kierunku wiatru w m².

Przykład: Drzwi rozdzielnicy o wymiarach 1000 x 800, otwarte podmuchem o prędkości 30 m/s są poddane działaniu siły 468 N (ok. 50 kg).

3 OPADY ATMOSFERYCZNE

Grad, szron i oblodzenia wymagają zachowania szczególnej ostrożności ze względu na mechaniczne skutki tych zjawisk atmosferycznych.

Grad

Grad należy brać pod uwagę głównie z powodu uderzeń mechanicznych. Skutki opadów gradu rozpatruje się, gdy jego średnica i energia przekraczają odpowiednio 20 mm lub 1 J (dżul).
W rejonach, w których występują intensywne opady gradu (grad o średnicy 50 mm, co daje energię uderzenia 40 J), należy stosować daszki lub deflektory.

Śnieg

Śnieg należy rozpatrywać ze względu na obciążenie mechaniczne, jakie może powodować, oraz ze względu na wodę, jaka powstaje po jego stopnieniu. Można zapobiec przedostawaniu się śniegu do wnętrza obudowy, jeżeli zastosuje się stopień ochrony o wielkości co najmniej IPX4. Gęstość świeżego śniegu wynosi 1/10 gęstości wody. Wzrasta ona wraz z osiadaniem, ale nie wpływa na obciążenie. Metr śniegu daje ciśnienie o wartości 1 kPa (10 g/cm^2).

**Uznaje się, że urządzenia i obudowy, które mają odporność na uderzenie równą 5 J (IK ≥ 07) są odporne na uderzenia gradu.
Dla rejonów o umiarkowanym klimacie można przyjąć standardową obciążalność śniegiem o wartości 20 g/m^2 (2 m wysokości). W rejonach o dużym zaśnieżeniu (w górach) można przyjąć dodatkowe zabezpieczenie przy wysokości śniegu większej niż 10 m (100 g/cm^2), uwzględniając śnieg nanoszony przez wiatr (zaspy śnieżne).**

Szron i oblodzenia

Te dwa zjawiska różnią się tylko warunkami powstawania. W obu przypadkach są to kropelki w stanie „przechłodzenia". Oblodzenia tworzą się na powierzchni wody, natomiast szron narasta pod wpływem wiatru. Powłoki, które tworzą, należy rozpatrywać pod kątem obciążenia i ryzyka zablokowania mechanizmów. Gęstość oblodzenia jest bliska gęstości wody i mimo że grubości nie są znaczne, przyczepność lodu sprawia, że obciążenie stanowi istotne zagrożenie dla linii napowietrznych.

Ryzyko zablokowania związane ze szronem lub oblodzeniem dotyczy przede wszystkim zagłębień, w których może zbierać się woda. Zamknięcia i mechanizmy, jeżeli nie są dokładnie zabezpieczone, po przedostaniu się do nich wody mogą się blokować. W takim wypadku wystarcza zwykle warstwa smaru lub powłoka na bazie silikonu. Zamki z kluczami są trudniejsze do zabezpieczenia. Skutecznym i prostym rozwiązaniem jest stosowanie wystających daszków.

Uchwyty do mocowania szaf Atlantic o nr. ref. 0364 01. > Obciążenie znamionowe wynosi 300 kg, co gwarantuje wytrzymałość we wszystkich warunkach.

Ograniczenia mechaniczne
(ciąg dalszy)

4 WIBRACJE

Wibracje powstają jako efekt wielu zjawisk oscylacyjnych, które mają różne parametry i skutki. Wyróżnia się wibracje stacjonarne sinusoidalne, wibracje stacjonarne przypadkowe oraz wibracje przypadkowe o specyficznym spektrum (uderzenia, wstrząsy, hamowania). Urządzenia elektryczne, zwłaszcza te o dużej mocy, same powodują wibracje związane z częstotliwością sieci 50 Hz – dane te są brane pod uwagę podczas konstruowania urządzeń. Na instalacje mogą też wpływać i powodować ich złą pracę liczne wibracje związane ze środowiskiem zewnętrznym.
Można wyróżnić trzy poziomy narażenia na działanie wibracji:

1 poziom

Wibracje nie występują lub są chwilowe – konstrukcje sztywne i urządzenia elektryczne nie są na nie narażone.

2 poziom

Bliskość maszyn, przenośników, dróg jest źródłem wibracji, które rozprzestrzeniają się przez elementy konstrukcyjne (ściany, konstrukcje szkieletowe) do urządzeń elektrycznych. Dla tego poziomu wartość wibracji wytwarzana przez ich źródło nie może przekroczyć: 3 mm dla amplitudy przesunięć, 10 m/s^2 dla przyspieszenia (1 g) i od 2 do 200 Hz dla częstotliwości. Wynikająca z tego amplituda po uwzględnieniu amortyzacji nie może przekroczyć 0,2 mm dla materiału. Dokładny montaż, przestrzeganie zalecanej siły docisku, poprawne zamocowanie aparatów i okablowania pozwalają uniknąć rezonansów, konieczności wzmocnienia i ewentualnych problemów.

Należy stosować specjalne wymagania dla urządzeń instalowanych w środkach transportu, dotyczące przyspieszenia pionowego w przypadku wstrząsów pojazdów i przesunięcia kątowego na statkach.

3 poziom

Ponieważ urządzenia elektryczne montuje się bezpośrednio na maszynach lub na stojakach, są one narażone na silne i powtarzające się wibracje i wstrząsy. Na poziomie źródła amplituda może osiągnąć wartość 15 mm, a przyspieszenie 50 m/s^2 (5 g). Wartości te mogą spowodować przesunięcia urządzeń nawet o 1 mm i więcej. W takich warunkach należy przedsięwziąć następujące środki:
– stosować podkładki blokujące, które zapobiegają poluzowaniu połączeń i mocowań,
– oznakować elementy wkręcane, co ułatwia wykonywanie przeglądów,
– przymocować przewody (kanały, osłony kablowe),
– przestrzegać zalecanej pozycji montażu aparatów,
– mocować obudowy na amortyzatorach (gumowych lub z elastomeru).

^ Rozdzielnica Atlantic zamontowana na stojaku maszyny drukarskiej.

^ Szafa Altis Inox wbudowana w konstrukcję linii produkcyjnej.

5 WSTRZĄSY I UDERZENIA

Podobnie jak w przypadku stopni IP poziom zabezpieczenia przed uderzeniem (stopnie IK) dobiera się w zależności od wyniku analizy ryzyka związanego z umiejscowieniem instalacji.
Stopień IK02 jest obowiązkowy w przypadku zastosowań domowych, w niektórych miejscach (takich jak piwnice, strychy, schody) wymagane jest IK07.
IK07 stosuje się w większości pomieszczeń technicznych i w niektórych budynkach użyteczności publicznej.
IK08 jest konieczny w niektórych budynkach użyteczności publicznej, w budynkach przemysłowych i miejscach, takich jak budowy, perony, magazyny.
IK10 wymagany jest w przypadku montażu na wysokości 1,5 m i w miejscach, w których znajdują się urządzenia przenośne.

Stopnie ochrony przed uderzeniem

Stopnie ochrony IK przed wstrząsami mechanicznymi zgodnie z normą IEC 62262			Określenia równoważne EN 60364 kod AG	Stare określenia IP 3-cyfrowe
Stopień IK	Testy	Energia w dżulach		
IK00		0		
IK01	0,2 kg / 75 mm	0,15		
IK02	0,2 kg / 100 mm	0,2	1	1
IK03	0,2 kg / 175 mm	0,35		
IK04	0,2 kg / 250 mm	0,5		3
IK05	0,2 kg / 350 mm	0,7		
IK06	0,5 kg / 200 mm	1		
IK07	0,5 kg / 400 mm	2	2	5
IK08	1,7 kg / 295 mm	5	3	7
IK09	5 kg / 200 mm	10		
IK10	5 kg / 400 mm	20	4	9

Uderzenie młotkiem jest uderzeniem tępym. Można wykonać zgodnie z zaleceniami normy uderzenia do 50 J, podnosząc wysokość spadku młotka do 1 m.

^ Specjalne zabezpieczenie przed uderzeniem dla przenośnej rozdzielnicy.

6 PRZEMIESZCZENIA

Sprzęt zainstalowany na maszynach podnośnikowych (żurawiach, ruchomych mostach, windach) jest poddawany przemieszczeniom o dużej amplitudzie. Przemieszczanie nie powoduje wibracji, niemniej jednak trzeba przewidzieć pewne zabezpieczenia.
Jako że przewody narażone są na zniekształcenia, należy je starannie dobrać. Wózki kablowe ułatwiają ich przemieszczanie. Przy mocowaniu trzeba brać pod uwagę przyspieszenia i hamowania, ponieważ w tych przypadkach siły są proporcjonalne do masy zamocowanych elementów.
Im więcej ważą urządzenia (np. transformatory, prefabrykowane rozdzielnice), tym większe działają siły (zjawisko inercji). Należy stosować wtedy dodatkowe mocowania.

Ograniczenia mechaniczne
(ciąg dalszy)

7 RUCHY SEJSMICZNE

Zrozumienie zjawiska trzęsień ziemi i ich dramatycznych konsekwencji przyczyniło się do tego, że zaczęto uwzględniać to ryzyko przy projektowaniu konstrukcji budynków w rejonach najbardziej zagrożonych tym kataklizmem.
We Francji zabezpieczenie sejsmiczne nowych budynków zostało sformalizowane w kilku przepisach – najważniejszy z nich jest dekret nr 91-461 z 14 maja 1994 r. wraz z jego uzupełnieniem, dekretem nr 00-892 z 13 września 2000 r., który określa pojęcie zagrożenia, plany prewencyjne i podaje strefy sejsmiczne (patrz mapa). Na mocy rozporządzeń z 15 września 1995 r. i 29 maja 1997 r. do tej klasyfikacji budynków zostały dołączone najpierw mosty, a następnie budynki „o normalnym poziomie zagrożenia". Wprowadzono podział na klasy zagrożenia A, B, C i D. Rozporządzenie nr 76-663 z 10 maja 1993 r. podaje obowiązujące przepisy dla instalacji klasyfikowanych. Dotychczas wszelkie rozporządzenia prawne odnosiły się do przepisów PS92, a także do innych dokumentów wydawanych przez koleje państwowe lub zakład energetyczny. Zbiór norm europejskich EN 1998 (zwany Eurokodami) dotyczący budownictwa, a dokładnie Eurokod 8: „Projektowanie konstrukcji poddanych oddziaływaniom sejsmicznym" zmienił nieco obowiązujące przepisy. Niektóre specyfikacje narodowe w formie dekretów zostały włączone do tych dokumentów. Ponownie sprawdzono i określono podział na strefy sejsmiczne, w ten sposób powstały tzw. „strefy prawdopodobieństwa" bazujące na danych z okresu 475 lat. Strefy we Francji kontynentalnej oznaczono w następujący sposób: Z1a, Z1b, Z2a, Z2b, z kolei Antyle mają oznaczenie Z3. Centrum Francji, Bretania, jak również cała zachodnia część zostały włączone do stref Z1b i Z2a.

Klasyfikacja budynków

■ **Klasy „normalnego poziomu zagrożenia"**

- Klasa A: budynki, których przeznaczenie nie wymaga ciągłej obecności ludzi (składy, magazyny).
- Klasa B: domy mieszkalne, budynki użyteczności publicznej 4 i 5 kategorii mieszczące do 300 osób, budynki, których wysokość nie przekracza 28 metrów, parkingi.
- Klasa C: budynki użyteczności publicznej 1, 2 i 3 kategorii, budynki o wysokości powyżej 28 m, elektrownie, niektóre budynki szpitalne (oprócz klasy D).
- Klasa D: budynki, w których mieszczą się urzędy zapewniające bezpieczeństwo cywilne, obronę narodową, utrzymywanie porządku, zapewniające ciągłość komunikacji i ruchu powietrznego, budynki szpitalne (chirurgia, położnictwo), budynki głównej dyspozycji energii, budynki magazynów wody pitnej, budynki stacji meteorologicznych.

■ **Klasa „o podwyższonym zagrożeniu"**

Kategoria ta obejmuje budynki i wyposażenie, których zagrożenie może spowodować duże szkody ogólne: elektrownie atomowe, zapory, zakłady chemiczne.

Strefy sejsmiczne we Francji

Mapa pochodzi z Ministerstwa Ekologii i Rozwoju

Przeprowadzanie prób wytrzymałości na wstrząsy sejsmiczne na urządzeniach elektrycznych – wytyczne norm

Na urządzeniach elektrycznych można przeprowadzić szereg prób z zakresu wytrzymałości na wstrząsy sejsmiczne. Pierwszy sposób polega na wykonaniu próby konwencjonalnej (wibracje sinusoidalne, modulacja sinusoidy, próba działania na wielu częstotliwościach z wyszukiwaniem częstotliwości krytycznej). Ma to na celu zakwalifikowanie danego sprzętu do określonej grupy, która jest oznaczona odpowiednim kodem. Wyróżnia się trzy klasy wytrzymałości urządzeń na wstrząsy sejsmiczne: klasa wytrzymałości na wstrząsy od słabych do średnich, od średnich do mocnych i od mocnych do bardzo mocnych. Należy uwzględnić również czynniki potęgujące odczuwanie wstrząsów (związane z wysokością i sztywnością konstrukcji budynku) oraz czynnik kierunku (poziomy lub pionowy).
Mówi się wtedy o ogólnej klasie sejsmicznej. Drugi sposób, bardziej precyzyjny, polega na sprawdzeniu akcelerogramu (czasu, amplitudy, przyspieszenia). Można go wyliczyć lub wykonać na podstawie symulacji poprzednich wstrząsów. Do tego zestawu prób należy dodać próby konwencjonalne (modulacje sinusoidy) plus czynnik bezpieczeństwa.
Jest to „specyficzna klasa sejsmiczna". Różne metody i próby sejsmiczne dotyczące urządzeń elektrycznych są opisane w różnych dokumentach, zwykle normach o zasięgu wyłącznie narodowym, a nawet mniejszym. Należy pamiętać, że wyników uzyskanych z różnych prób przeprowadzanych w jednym miejscu nie można przenosić na inne miejsce bez zachowania odpowiednich środków ostrożności.
UTE C 20-420: instrukcje przeprowadzania prób sejsmicznych na urządzeniach
HN 20 E 53: specyfikacja zakładu energetycznego
EN 60068-3-3: metoda prób sejsmicznych (UTE C 20-420)
IEEE Std 693: IEEE recommended practices for seismic design of substations
ETG-1-015: especificaciones technicas generales diseño sísmico.

Symulacja zachowania się urządzeń elektrycznych podczas wstrząsów sejsmicznych jest o tyle trudna, że należy również znać sposób reakcji budynku na wstrząsy. Innymi słowy, danych dotyczących przyspieszenia i kształtu spektrum związanego z siłą wstrząsów i rodzajem podłoża nie wykorzystuje się bezpośrednio do badania zachowań sprzętu elektrycznego. Z powodu trudności, jakie wiążą się ze stosowaniem tej metody, należy przestrzegać kilku prostych zasad podanych poniżej.

Środki ostrożności, które należy podjąć, aby zapobiec skutkom wstrząsów sejsmicznych

Aby zapobiec skutkom wstrząsów sejsmicznych, zarówno projektant, jak i instalator powinni być odpowiednio uwrażliwieni na ewentualne wystąpienie takiego zjawiska.
Przypominamy kilka podstawowych zasad:
- należy przytwierdzać rozdzielnice elektryczne do podłoża, (aby zapobiec przed ich przesuwaniem i przewróceniem), dodatkowo zaleca się wykonanie mocowań rozdzielnicy do ściany oraz łączenie pomiędzy sobą (lub zachowanie odstępów między nimi), aby w razie wstrząsów uniknąć uderzeń o siebie,
- najbardziej czułe aparaty, np. przekaźniki, należy umieścić w dolnej części rozdzielnicy,
- drzwi rozdzielnic elektrycznych powinny być zawsze zamknięte – ma to wpływ na sztywność całej konstrukcji szafy,
- kable i przewody nie mogą być za bardzo naprężone, aby nie doszło do poluzowania zacisków lub wypięcia aparatów podczas wstrząsu,
- trasy kablowe powinny mieć elastyczną konstrukcję, dlatego nie należy napinać kabli,
- nie należy stosować lekkich konstrukcji szaf (płyt o dużych wymiarach lub ram), które wzmagają skutki przyspieszeń,
- należy wykonać zabezpieczenia na wypadek spadania elementów z sufitu (lamp lub sufitów podwieszanych).

We Francji przed przystąpieniem do wykonywania projektów dla stref zagrożonych wstrząsami sejsmicznymi trzeba skonsultować się z następującymi organami: Międzynarodowym Stowarzyszeniem Inżynierii Parasejsmicznej, Zakładem Energetycznym, Wyższą Szkołą Budowy Dróg i Mostów oraz innymi biurami, które wykonują specjalistyczne projekty.

Nagrzewanie i wentylacja obudów

Wnętrza obudów tworzą mikrośrodowisko, które określa rzeczywiste warunki działania urządzenia. Nie należy mylić temperatury otoczenia (miejsca lub pomieszczenia), w którym znajduje się obudowa, z temperaturą, która panuje wewnątrz obudowy. Właściwy dobór odpowiednich urządzeń do ogrzewania lub wentylacji przyczynia się do zwiększenia trwałości i bezpieczeństwa instalacji.

RYZYKO PRZEGRZANIA

Wzrost zagęszczenia elementów i urządzeń, a także połączenie systemów automatyki i dystrybucji energii przyczyniają się do wzrostu temperatury działania urządzeń. Jednocześnie coraz większa ilość elementów elektronicznych w urządzeniach elektrycznych czyni je bardziej wrażliwymi na ciepło. Wystarczy niecodzienne zjawisko klimatyczne, zbyt duża wilgotność lub kurz, aby wystąpiły dysfunkcje, a nawet groźne awarie ze wszystkimi tego konsekwencjami. Zdarza się często, że problemy zbyt dużych temperatur urządzeń w obudowach rozwiązywane są dopiero w przypadku ich uszkodzenia, ponieważ wentylacja nie została zagwarantowana w wystarczającym stopniu na etapie wykonywania instalacji.

1 WARUNKI STANDARDOWEGO FUNKCJONOWANIA

Przy doborze obudów do instalowania w mieszkaniach oprócz minimalizacji ich wymiarów należy również

Temperatury odniesienia

■ Maksymalna temperatura otoczenia

Należy ją określić precyzyjnie, od niej bowiem zależeć będą ewentualne rozwiązania dotyczące wentylacji i ogrzewania obudów. Obliczając tę temperaturę, trzeba uwzględnić najważniejsze czynniki: letnie wyłączenia, częstotliwość występowania okresów gorących (związane z procesami przemysłowymi lub lokalnymi warunkami pogodowymi).
Wartości:
- dla pomieszczeń podziemnych: 20°C (oczyszczalnie ścieków, piwnice itp.),
- dla pomieszczeń klimatyzowanych: 28°C (laboratoria, sale informatyczne itp.),
- dla pomieszczeń ogrzewanych, wentylowanych: 32°C (mieszkania, biura, pracownie montażowe, sklepy, sale widowiskowe, konferencyjne itp.),
- dla pomieszczeń o ograniczonej regulacji: 35°C (hale fabryczne, magazyny, pomieszczenia techniczne itp.),
- dla pomieszczeń otwartych, nieogrzewanych: 40°C (składy, korytarze, hangary itp.),
- dla pomieszczeń ogrzewanych, gdy prowadzona jest w nich działalność produkcyjna: 55°C (odlewnie, elektrociepłownie, huty, produkcja farb itp.),
- dla pomieszczeń zamkniętych: 50°C (szklarnie, schroniska, baraki itp.),
- dla lokalizacji zewnętrznych: 40°C, gdy obudowa jest usytuowana w cieniu lub wyposażona w wentylatory (pod uwagę bierze się wówczas temperaturę powietrza), lub 55°C, gdy obudowa jest wystawiona na działanie słońca bądź nie zainstalowano wentylatorów.

■ Temperatura wewnątrz obudowy

Dopuszczalna temperatura zależy od rodzaju zainstalowanych aparatów. Zazwyczaj jest ona podawana przez producenta.
Wartości typowe (mierzone w połowie wysokości):
- wyłączniki, rozłączniki i aparaty zabezpieczające (dystrybucja energii): 40°C,
- urządzenia elektroniczne dużej mocy, regulatory natężenia oświetlenia: 35°C,
- automaty, systemy przemysłowe: 35°C,
- urządzenia elektroniczne, pomiarowe, informatyczne: 30°C.
Uwaga: Dopuszcza się większe wartości temperatur wewnętrznych pod warunkiem weryfikacji cech urządzeń lub zmiany dopuszczalnych wartości obciążenia (patrz str. 222: „Rozwiązania w przypadku wysokiego współczynnika obciążenia”).

uwzględnić, że: temperatura otoczenia nie może przekraczać 25°C, a obciążenie prądowe wyłącznika głównego 80% obciążenia znamionowego.
W tych warunkach średnia temperatura powietrza wewnątrz obudowy może osiągać 50°C.
Zakładamy, że obwody nie są maksymalnie obciążone i nie pracują jednocześnie (pojęcie współczynnika jednoczesności).
Norma EN 60439 określa konwencjonalne zasady wykonywania prób. Łączą one te dwa pojęcia w jedno, zwane „współczynnikiem różnorodności" lub „współczynnikiem przyrostu".
Zmiana warunków standardowych spowodowana jest dwoma czynnikami:
- wysoką temperaturą otoczenia (>25°C),
- znacznym obciążeniem urządzeń (>80%).
W sytuacji, w której wystąpią te czynniki, należy podjąć środki ostrożności, aby uniknąć dysfunkcji (przegrzania urządzeń, niepożądanego wyłączenia, przedwczesnej degradacji urządzeń).

2 ROZWIĄZANIA W PRZYPADKU WYSOKIEJ TEMPERATURY OTOCZENIA

- Należy zwiększyć wielkości obudów, aby ułatwić rozproszenie ciepła; instalowanie w miejscu ciasnym, pod sufitem lub w kącie może być źródłem miejscowego podwyższenia temperatury otoczenia.
- Należy instalować kratki wentylacyjne górne i dolne, aby ułatwić wymianę powietrza poprzez naturalny ciąg.
- Należy ujednolicać temperaturę wewnątrz obudowy i zapobiegać tworzeniu się ciepłych miejsc poprzez ciągłe mieszanie powietrza w jej wnętrzu.
- W najtrudniejszych warunkach należy instalować wentylatory lub inne urządzenia chłodzące.

+

Firma Legrand posiada w swojej ofercie produkty, takie jak: grzejniki, wentylatory, wymienniki i klimatyzatory do różnych zastosowań:
- dla temperatur niskich i wysokich,
- do instalacji w otoczeniu czystym lub skażonym.

Kratki wentylacyjne

Wentylator do mieszania powietrza wewnątrz obudowy

Przepust wentylacyjny do montażu w obudowach

Wentylator z filtrem

Nagrzewanie i wentylacja obudów
(ciąg dalszy)

3 ROZWIĄZANIA W PRZYPADKU WYSOKIEGO WSPÓŁCZYNNIKA OBCIĄŻENIA

Aparaty główne i odpływowe

Urządzenia zabezpieczające, a szczególnie wyłączniki, chronią instalacje między innymi przed skutkami termicznymi spowodowanymi wzrostem wartości prądu. Są więc czułe na wartość prądu oraz na temperaturę otoczenia. Norma wymaga, aby znamionowe warunki funkcjonowania były zapewnione do temperatury 40°C. Tak jest w przypadku urządzeń z wyzwalaczami magnetotermicznymi. Wyzwalacze elektroniczne są generalnie mniej czułe na zmiany temperatury otoczenia. Gdy temperatura w obudowie przekracza tę wartość, konieczne jest zmniejszenie dopuszczalnego prądu. Możliwe są dwa sposoby:
- zastosowanie współczynnika korygującego wartość prądu w zależności od temperatury na zewnątrz obudowy,
- dokładne sprawdzenie cech urządzenia oraz tablic korekcyjnych, które podają dopuszczalny prąd w zależności od konfiguracji i rzeczywistej temperatury w obudowie.

W obu przypadkach zredukowana wartość prądu jest wyrażana poprzez wartość rzeczywistą (w A), w procentach lub poprzez stosunek prądu rzeczywistego do znamionowego: I_r/I_n.

Aparaty obwodowe (obwody końcowe)

Generalnie nie jest konieczne stosowanie współczynnika redukcji dla aparatów modułowych obwodowych, ponieważ rzadko pracują przy maksymalnym prądzie. Stosunek prądu użytkowania do rzeczywistego zmienia się od 0,5 do 0,9 w zależności od współczynnika jednoczesności.

Gdy wyłącznik nadprądowy S 300 działa przy pełnym obciążeniu i/lub w wysokiej temperaturze wewnątrz obudowy (jako wyłącznik główny w rzędzie aparatów), należy wyznaczyć przestrzeń wentylacyjną wokół tego urządzenia, wstawiając np. pustą przestrzeń modułową (tzw. spację) o nr. ref. 0044 40 (0,5 modułu) lub 0044 41 (1 moduł).

Zasady korygowania maksymalnego rzeczywistego prądu są podane tylko w aspekcie warunków termicznych. Inne współczynniki korekcyjne (związane z przeciążalnością, prądem rozruchu) mogą być potrzebne dla doboru zabezpieczeń niektórych odbiorników (lampy fluorescencyjne, silniki itp.).

Współczynnik korekcyjny prądu w zależności od temperatury otoczenia dla zalecanych konfiguracji

Użycie szacunkowego współczynnika korekcyjnego pozwala na dobre przybliżenie prądów zadziałania wyzwalaczy, gdy wartość temperatury i rozmieszczenie wyłączników w obudowie nie są znane.

Temperatura otoczenia (°C)	10	20	25	30	35	40	45	50
Współczynnik korekcyjny	1,1	1	0,95	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5

We wszystkich przypadkach należy nastawić aparat w zależności od rzeczywistego prądu użytkowania, czyli ustawienia wartości I_r/I_n:
0,4 – 0,5 – 0,6 – 0,64 – 0,7 – 0,8 – 0,9 – 0,95 – 1

BILANS TERMICZNY

1 MOC ROZPROSZONA

Rzeczywistą moc rozproszoną możemy obliczyć według następującego wzoru:

$$P = (P_A + P_C) \times U \times M \times S \times C \times E$$

Całkowita moc rozproszona (P_A) dla poszczególnych aparatów obciążonych prądem znamionowym

Generowana w rozdzielnicach moc jest powiązana z ilością wyłączników i kabli o dużych przekrojach. W szafach sterowniczych elementy generujące największe ilości ciepła to regulatory prędkości, zasilacze i styczniki. Moc rozproszona przez oprzewodowanie jest generalnie niewielka.

Tabele i dokumenty opracowane przez producentów aparatów zawierają typowe wartości mocy rozproszonej. Zalecenia firmy Legrand dotyczące doboru odpowiedniej wentylacji lub ogrzewania w obudowach uwzględniają wartości tej mocy dla większości aparatów dostępnych w ofercie.

Moc rozproszona przez oprzewodowanie (P_C)

Można ją obliczyć, korzystając z normy IEC 60890 lub – prościej – rozpatrując prąd znamionowy w każdym przewodzie, jego długość i przekrój oraz stosując w przypadku każdego przewodu wzór:

$$P = R \times I^2_{śr}$$

Producenci aparatów podają w informacjach technicznych parametry, które mogą być użyte podczas projektowania do obliczenia mocy rozproszonej. Program firmy Legrand do obliczania bilansu cieplnego rozdzielnic ma w swojej bazie parametry większości aparatów dostępnych w ofercie.

Typowa rezystancja przewodów w zależności od przekroju

Przewód miedziany giętki, klasa 5		Przewód sztywny, klasa 2		
S (mm²)	R (Ω/km)	S (mm²)	R (Ω/km) miedź	R (Ω/km) aluminium
0,5	36,1	50	0,36	0,59
0,75	24	70	0,25	0,44
1	18	95	0,18	0,3
1,5	12,3	120	0,14	0,23
2,5	7,4	150	0,11	0,19
4	4,58	185	0,09	0,15
6	3,05	240	0,07	0,115
10	1,77	300	0,055	0,092
16	1,12	400	0,043	0,072
25	0,72	500	0,033	0,056
35	0,51	630	0,026	0,043

Uwaga: W celu uproszczenia podano wartości rezystancji dla typów przewodów, które są najczęściej używane. Wartość rezystancji została podana dla temperatury żyły przewodu wynoszącej 40°C. W obliczeniach najważniejszy jest współczynnik natężenia (I^2). Można skorzystać z tablic z podanymi wartościami mocy rozproszonej różnych przewodów w zależności od prądu znamionowego.

Metoda doświadczalna określania mocy rozproszonej

Moc rozpraszana w obudowie przez aparaty i ich oprzewodowanie jest proporcjonalna do natężenia prądu aparatu głównego w rozdzielnicy. Gdy brakuje dokładnych danych lub gdy chcemy otrzymać orientacyjne wartości, możemy wykonać następujące obliczenia:
- dla obudów, w których prąd znamionowy głównego wyłącznika ≤400 A wynosi 1,25 W/A (np. w rozdzielnicy 63 A: 63 x 1,25 = 78 W),
- dla obudów, w których prąd znamionowy głównego wyłącznika >400 A i ≤1000 A wynosi 1 W/A,
- dla obudów, w których prąd znamionowy głównego wyłącznika >1000 A wynosi 0,8 W/A.

Nagrzewanie i wentylacja obudów
(ciąg dalszy)

Współczynnik użytkowania (U)

Jest to stosunek rzeczywistej zużytej mocy do mocy znamionowej dysponowanej.
Wynosi on 0,8 (co odpowiada 0,9 I_n) dla rozdzielnic o prądzie wpływającym ≤400 A i 0,65 (co odpowiada 0,8 I_n) dla rozdzielnic o prądzie >400 A.
Uwaga: Współczynniki odnoszą się do mocy i odpowiadają kwadratowi współczynników stosowanych dla wartości prądu.

Współczynnik działania (M)

Mianem „współczynnika działania" określamy stosunek czasu działania urządzenia do czasu wyłączenia. W przemyśle waha się on między 0,3 i 1.
Dla wszystkich instalacji ogrzewania i oświetlenia, jeżeli czas ich działania jest dłuższy niż 30 min, wynosi 1.

Współczynnik jednoczesności (S)

Jest to stosunek obciążenia obwodów rozdzielczych o działaniu jednoczesnym do obciążenia maksymalnego wszystkich obwodów. Oznacza to, co potocznie nazywamy „wykorzystaniem".

Mamy:
S = 1 dla 1 obwodu (100% wartości prądu linii głównej),
S = 0,8 dla 2-3 obwodów (90% wartości prądu linii głównej),
S = 0,7 dla 4-5 obwodów (83% wartości prądu linii głównej),
S = 0,55 dla 6-9 obwodów (75% wartości prądu linii głównej),
S = 0,4 dla 10 i większej liczby obwodów (63% wartości prądu linii głównej).

Współczynnik uwzględnia z jednej strony liczbę działających obwodów, z drugiej ich rzeczywiste obciążenie. Określany jest dla głównej grupy obwodów (grupy obwodów oświetleniowych, grupy obwodów gniazd, obwody silników, klimatyzacji itp.).

Nie należy mylić tego współczynnika jednoczesności ze współczynnikiem jednoczesności określonym przez normę EN 60439-1, który dotyczy stosunku sumy rzeczywistych natężeń obwodów głównych do maksymalnego teoretycznego natężenia.

Współczynnik przełączenia (C)

Uwzględnia liczbę cykli przełączeń (prądy rozruchu maszyn pracujących w cyklach automatycznych).
Mamy:
C = 1,2 dla cykli szybkich,
C = 1 w pozostałych przypadkach (dystrybucja energii).

Współczynnik rozszerzalności (E)

Rozpatrywany w zależności od przypadku. Gdy brakuje danych, możemy przyjąć wartość 1, 2.

Wartości graniczne przyrostów temperatury (wg EN 60439-1 tabela 2)

Części zestawu	Dopuszczalne przyrosty[1] (K)
Aparaty, podzespoły, zasilacze	Zgodne z przepisami (normy dotyczące produktów), z uwzględnieniem temperatury zespołu[2]
Zaciski dla przewodów zewnętrznych	70[3]
Szyny zasilające, miejsca połączeń szyn zasilających, bloki rozdzielcze	W zależności od urządzeń, które się stykają lub są umieszczone w pobliżu (prądy znamionowe szyn zasilających firmy Legrand są podane dla różnych przypadków)[4]
Układy sterownicze	Metal: 15[5] Materiał izolacyjny: 25
Dostępne obudowy i panele zewnętrzne	Metal: 30[5] Materiał izolacyjny: 40

(1) Przyrost temperatury, czyli wzrost temperatury powyżej temperatury otoczenia. Temperatura graniczna jest więc równa sumie wartości temperatur otoczenia i przyrostu temperatury.
(2) Generalnie wymagana jest max. temperatura 40°C. W celu określenia mocy rozproszonej przyjmujemy średni przyrost temperatury od 25 do 30°C. Poza tym konieczne może okazać się obniżenie prądów obciążających aparaty, ochłodzenie zestawów obudów za pomocą odpowiedniego systemu lub po prostu dobranie większej obudowy.
(3) Zaciski i złączki firmy Legrand powinny być użytkowane w temperaturze nieprzekraczającej 65°C.
(4) Prądy dla szyn zasilających i bloków rozdzielczych firmy Legrand są podane dla maksymalnej temperatury 65°C.
(5) Wartości te mogą wzrosnąć (+10°C), jeżeli części są często poddawane niestandardowemu użytkowaniu.

Moc rozproszona przez przewody dla prądów znamionowych

Przewody miedziane

S (mm²)	0,5	0,75	1	1,5	2,5		4	6	10	16	25	
I (A)	2	4	6	10	16	20	25	32	40	63	80	100
P (W/m)	0,15	0,4	0,6	1,2	1,9	3	2,9	3,1	2,8	4,4	4,6	7,2

S (mm²)	35		50	70		95	120	150	185	240	2 x 185	2 x 240
I (A)	100	125	125	160	160	200	250	250	315	400	630	800
P (W/m)	5,1	8	5,6	6,4	4,6	7,2	8,7	6,9	8,9	11,2	17,8	22,4

Przewody aluminiowe

S (mm²)	35		50	70		95	120	150	185	240		300
I (A)	63	80	80	100	125	160	160	200	250	250	315	400
P (W/m)	3,2	5,1	3,6	5,9	6,8	7,7	5,9	7,6	9,3	7,2	11,4	14,7

Układ szyn i połączenia

Referencje		0373 88	0373 89	0374 33	0374 34	0374 38	0374 18	0374 19	0374 40	0374 41	0374 59	0374 43	0374 46	0374 40	0374 41	0374 59	0374 43	0374 46
Wymiary		12 x 2	12 x 4	15 x 4	18 x 4	25 x 4	25 x 5	32 x 5	50 x 5	63 x 5	75 x 5	80 x 5	100 x 5	2 x 50 x 5	2 x 63 x 5	2 x 75 x 5	2 x 80 x 5	2 x 100 x 5
IP > 30	I (A)	80	125	160	200	250	270	400	600	700	850	900	1050	1000	1150	1300	1450	1600
	P (W/m)	8,1	7,4	9,6	12,5	14,4	13,1	22,8	33	35,7	45,3	47	53,5	47,4	50,6	57,7	65,7	66,3
IP ≤ 30	I (A)	110	185	205	245	280	330	450	700	800	950	1000	1200	1150	1350	1500	1650	1900
	P (W/m)	11,3	12,8	15,8	18,8	17,7	19,6	28,9	45	46,7	54,8	59	70	62,7	69,8	74,4	85	93,4

Szyny elastyczne

Referencje		0374 10	0374 16	0374 11	0374 17	0374 12	0374 44	0374 57	0374 58
Wymiary		13 x 2	20 x 4	24 x 4	24 x 5	32 x 5	40 x 5	50 x 5	50 x 10
IP > 30	I (A)	160	250	250	320	400	500	360	800
	P (W/m)	14,4	14,2	14,2	18,4	23	28,5	36,8	40,2
IP ≤ 30	I (A)	200	350	400	470	630	700	850	1200
	P (W/m)	22,5	35	36	40	43	56	67	77

Definicje prądu wg normy EN 60947-1 dotyczącej zwykłych warunków użytkowania dla temperatur szyn, które nieprzekraczają 65°C.

I_e: prąd znamionowy w szafach z naturalną wentylacją lub w tablicach otwartych o stopniu ochrony IP ≤ 30.

I_{the}: prąd termiczny konwencjonalny w obudowie, w najmniej korzystnych warunkach instalacji.
Obudowa nie umożliwia naturalnej wymiany powietrza (IP > 30).

Moce w W/m podano dla bieguna. Należy je pomnożyć przez 3 dla układu trójfazowego.

Dla trójfazowego układu szyn zasilających można zastosować następujący wzór:
Moc rozproszona = 0,15 W/A dla długości 1 m.

Nagrzewanie i wentylacja obudów
(ciąg dalszy)

2 MOC ROZPROSZONA W OBUDOWIE

Moc naturalnego rozproszenia mocy P (W) wyraża się następującym wzorem:

$$P = \Delta t_{śr} \times K \times S_e$$

gdzie:
$\Delta t_{śr}$: średnia temperatura powietrza w szafie (°C),
K: współczynnik oddawania ciepła przez ścianki (W/°C m²),
S_e: powierzchnia rozproszenia w m².

Każdy czynnik w tym wzorze pozwala na uproszczenie całościowych obliczeń mocy rozproszonej. Pojęcie średniej temperatury łączy w jedną wartość różne temperatury w obudowie (gradient termiczny). Współczynnik K jest obliczany dla wymiany ciepła między ścianką od warstwy spodniej do górnej. Ścianki obudowy reprezentuje równoważna powierzchnia rozproszenia, odnosząca się do powierzchni poziomej, gdzie warunki wymiany dotyczą współczynnika K z Δt pomiędzy powierzchnią wewnętrzną i zewnętrzną równą $\Delta t_{śr}$.

Pojęcie średniej temperatury ($\Delta t_{śr}$)

Źródło ciepła, które stanowią aparaty i osprzęt w obudowie, powoduje niejednolity wzrost temperatury wewnętrznej. Przez średnią temperaturę rozumiemy średnią arytmetyczną różnych temperatur mierzonych na różnych wysokościach wewnątrz obudowy. Doświadczenie uczy, że wartość ta znajduje się zawsze pomiędzy trzecią częścią a połową wysokości obudowy. Jeżeli średnia temperatura służy do obliczenia mocy rozproszonej, to do zainstalowania aparatu potrzebna jest znajomość maksymalnej temperatury w górnej części obudowy.

Gradient termiczny (różnica temperatur)

Rozkład temperatury w rozdzielnicy można przedstawić warstwami izotermicznymi. Ich gradient termiczny 1/g wzrasta wraz z wysokością obudowy.

Praktyczne określanie mocy rozproszonej w istniejącej instalacji

1) Zmierzyć temperaturę otoczenia θ_{ot} w odległości co najmniej 1 m od szafy i 1,5 m ponad ziemią.

2) Zmierzyć temperaturę wewnątrz obudowy θ_{max} około 10 cm poniżej powierzchni górnej.

3) Zmierzyć temperaturę wewnątrz obudowy $\theta_{śr}$ w połowie wysokości.

4) Obliczyć wartości temperatur:
$\Delta t_{max} = \theta_{max} - \theta_{ot}$ i $\Delta t_{śr} = \theta_{śr} - \theta_{ot}$.

5) Obliczyć wartość gradientu termicznego wg wzoru:
$\Delta t_{śr} = g \times \Delta t_{max}$.

6) Obliczyć ekwiwalentną powierzchnię rozproszenia S_e za pomocą różnych współczynników (tabela str. 225).

7) Określić wartość współczynnika przekazu całkowitego K w zależności od $\Delta t_{śr}$.

8) Obliczyć moc P (W) za pomocą wzoru:
$P = \Delta t_{śr} \times K \times S_e$.

Stosunek pomiędzy maksymalną temperaturą powietrza (wierzchołek obudowy) a średnią temperaturą wyraża współczynnik gradientu termicznego g:

$$\Delta t_{śr} = g \times \Delta t_{max}$$

Współczynnik K oddawania ciepła przez ścianki (wyrażony w W/°C m²)

Współczynnik ten dotyczy wymiany temperatury przez ścianki obudowy. Łączy on trzy sposoby przekazywania ciepła: przewodzenie, konwekcję i promieniowanie. Najważniejsze są dwa ostatnie sposoby, podczas gdy przewodzenie ma ograniczony wpływ (kilka %).

Wartości współczynnika oddawania K w zależności od średniej temperatury ścianki

Podczas wymiany temperatury przez cienkie ścianki, takie jakie są używane w przypadku obudów urządzeń elektrycznych, temperatury dwóch powierzchni są jednakowe (lub izotermiczne); rodzaj materiału ma tutaj mały wpływ.
Wynikają z tego bardzo podobne właściwości mocy rozproszenia obudów metalowych i plastikowych (patrz str. 227).

Powierzchnia rozproszenia (S_e)

Każdą powierzchnię wymiany (strona zewnętrzna) określa współczynnik zależny od jej względnej pozycji w przestrzeni (pionowej lub poziomej) oraz od kontaktu ze ścianą lub podłogą. Powierzchnia ta jest sumą różnych powierzchni.
Powierzchnia rozproszenia:
$S_e = S1 + S2 + S3 + S4 + S5 + S6 + S7 + S8 + S9 + S10$

Powierzchnia rozproszenia skorygowana (S_c)

Aby otrzymać bezpośrednio wartość Δt_{max}, stosujemy pojęcie powierzchni rozproszenia skorygowanej S_c, gdzie $S_c = S_e \times g$
Tabele z danymi S_c dla każdej obudowy umożliwiają wykonanie uproszczonych obliczeń.

Współczynnik powierzchni rzeczywistych do obliczania powierzchni rozproszenia Sc

Powierzchnia	XL³ izolacyjne	XL³ 160/400/800 metalowe	XL³ 4000 - Altis
S1: powierzchnia pozioma górna wolna	1	1	1
S2: powierzchnia pozioma górna izolowana	0,7	0,7	0,5
S3: powierzchnia pionowa tylna wolna	0,7	0,9	0,8
S4: powierzchnia pionowa tylna izolowana	0,35	0,4	0,3
S5: powierzchnia boczna wolna	0,7	0,9	0,8
S6: powierzchnia boczna izolowana	0,35	0,4	0,3
S7: powierzchnia wewnętrzna pozioma wolna	0,2	0,6	0,6
S8: powierzchnia wewnętrzna pozioma izolowana	0,1	0,3	0,2
S9: powierzchnia przednia razem z osłonami	0,8	0,9	0,8
S10: powierzchnia przednia razem z osłonami i drzwiami	0,6	0,6	0,6

Nagrzewanie i wentylacja obudów
(ciąg dalszy)

Współczynnik korekcyjny dla niektórych konfiguracji

- Instalowanie obudowy razem z kanałem kablowym: moc rozproszona P (W) zostaje zwiększona o współczynnik M.
- Instalowanie dwóch połączonych obudów: moc rozproszona w dwóch obudowach jest równa sumie mocy obu obudów – stosuje się współczynnik redukujący związany ze wspólną ścianką.

Współczynnik korekcyjny dla instalacji z listwami kablowymi

Listwa kablowa w górnej części rozdzielnicy

	Wielkość	1	2	3
Wysokość	Szerokość	M	M	M
50/65	160	1,4	1,6	1,8
65	250	1,5	1,7	-

Listwa kablowa w górnej i dolnej części rozdzielnicy

	Wielkość	1	2
Wysokość	Szerokość	M	M
50/65	160	2	2,2
65	250	2,4	2,4

Współczynnik korekcyjny dla dwóch połączonych obudów

Rozdzielnice jedna nad drugą

P = P1 + 0,8 x P2

Rozdzielnice ustawione obok siebie

P = 0,9 x (P1 + P2)

Poniższe obliczenia przedstawiają dwa główne aspekty pojęć związanych z przenoszeniem ciepła w obudowach:

1 – Sposoby wymiany konwekcyjnej i promieniowania dla rozproszenia termicznego w zwykłych temperaturach działania.

2 – Ścianki obudowy mają bardzo mały wpływ na przepływ termiczny: ich temperatury powierzchni wewnętrznej i zewnętrznej są prawie identyczne (ścianki izotermiczne). Rodzaj materiału z jakiego są zbudowane praktycznie nie wywiera żadnego wpływu na ten parametr. Tak więc przy tych samych rozmiarach obudowy wykonane ze stali, plastiku czy aluminium mają praktycznie te same właściwości rozproszenia termicznego.

Wartości θ_0, θ_1, θ_2 i θ_3 oznaczają temperatury na każdym etapie transferu: powietrze wewnętrzne, powierzchnia wewnętrzna, powierzchnia zewnętrzna, powietrze zewnętrzne (otoczenia).

Przenoszenie ciepła przez ścianki odbywa się w trzech fazach:

1 – Przepływ pomiędzy strumieniem wewnętrznym (powietrze wewnętrzne obudowy) a ścianką:

$$\Phi = h_1 \times (\theta_0 - \theta_1) \times S \quad \Rightarrow \quad \theta_0 - \theta_1 = \frac{\Phi}{S} \times \frac{1}{h_1}$$

2 – Przepływ przez ściankę:

$$\Phi = \frac{\lambda \times S}{e} \times (\theta_1 - \theta_2) \quad \Rightarrow \quad \theta_1 - \theta_2 = \frac{\Phi}{S}$$

3 – Przepływ pomiędzy ścianką a strumieniem zewnętrznym (otoczenie):

$$\Phi = h_2 \times (\theta_2 - \theta_3) \times S \quad \Rightarrow \quad \theta_2 - \theta_3 = \frac{\Phi}{S}$$

Całkowity przepływ ciepła wynosi:

$$\theta_0 - \theta_3 = \frac{\Phi}{S} \times \left(\frac{1}{h_1} + \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{h_2} \right)$$

Wymiana ciepła przez ściankę

Stosujemy uproszczony wzór:

$$\Phi = K \times S \times (\theta_0 - \theta_3) \quad z \quad \frac{1}{K} = \frac{1}{h_1} + \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{h_2}$$

Współczynniki h_1 (wymiana wewnętrzna) i h_2 (wymiana zewnętrzna) łączą jednocześnie konwekcję (c) i promieniowanie (r). Mamy więc:

$$h_1 = h_{1c} + h_{1r} \quad \text{oraz} \quad h_2 = h_{2c} + h_{2r}$$

Do obliczenia h_1 użyjemy dwóch następujących wzorów:

$$h_{1c} = h \times S \times (\theta_0 - \theta_1) \quad \text{(prawo Newtona)}$$

Wartość h zależy od kilku czynników: wypływu ciepła, rodzaju strumienia, temperatury i kształtu powierzchni; jego złożony sposób obliczania nie został tutaj przedstawiony.

$$h_{1r} = F \times S \times \tau \frac{\theta_0'^4 - \theta_1^4}{\theta_0' - \theta_1}$$

F : współczynnik wzajemnej absorpcji związany z interakcją między powierzchniami emisyjnymi aparatów w rozdzielnicy i na jej ściankach (promieniowanie wewnętrzne).

$$F = \frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} - 1$$

a_1 i a_2: współczynniki absorpcji przez powierzchnię (aparatów i materiału, z którego jest wykonana obudowa).

S: powierzchnie do ewentualnego skompensowania i uwzględnienia kąta padania ciepła na powierzchnię.

τ: stała Stéphana-Boltzmanna $= 5{,}7 \times 10^{-8}\ W/m^2\ K^4$

Przy obliczaniu h_2 postępujemy jak przy obliczaniu h_1, redukując obliczenie promieniowania do części emisyjnej. Otrzymane promieniowanie ścian budynku, w którym jest zainstalowana szafa, zostanie pominięte:

$$h_{2c} = h \times S \times (\theta_2 - \theta_3)$$

$$h_{2r} = S \times \varepsilon \times \tau \times (\theta_2^4 - \theta_3^4)$$

ε: współczynnik emisji (0,85 dla RAL 7032)

Dokładne wyznaczenie h_{2r} wymagałoby znajomości obwodu, w którym jest zainstalowana szafa, aby móc zastosować tę samą metodę obliczenia co dla h_{1r} .

θ_0': temperatura korpusów aparatów zainstalowanych w rozdzielnicy i emitujących ciepło (z reguły wyższa niż temperatura powietrza wewnątrz rozdzielnicy θ_0).

Uwaga: Wiele czynników istotnych dla wymiany termicznej nie posiada wartości całkowitych. Tak więc całkowity współczynnik oddawania przez ściankę K zależy od temperatury; im większa jest różnica pomiędzy ścianami wewnętrznymi i zewnętrznymi (średnia temperatura), tym korzystniejsza zachodzi wymiana – wzrasta K.

Wymiany konwekcyjne zależą w znacznym stopniu od temperatury powietrza, ścianki, wysokości ścianki i jej położenia w przestrzeni. Obliczanie przepływu konwekcyjnego (prawo Newtona) jest bardziej skomplikowane. Pojęcie powierzchni rozproszenia S_e umożliwia obliczenie, które łączy te pojęcia.

• Obliczanie rezystancji termicznej dla obudowy ze stali malowanej (Atlantic)

Blacha ze stali o grubości	e = 1,5 mm	$\lambda_1 = 52$
2 warstwy farby poliestrowej	2 x 60 µm	$\lambda_2 = 0{,}2$

λ: współczynnik przewodzenia termicznego w W/mm °C.

$$R_{cond} = \frac{e}{\lambda} = \frac{1{,}5 \times 10^{-3}}{52} + \frac{120 \times 10^{-6}}{0{,}2} = 6{,}3 \times 10^{-4}$$

Wartość tę można porównać z rezystancją całkowitą:

$$R_{tot} = 1/K$$

gdy $K_{śr} = 5{,}5\ W/°C\ m^2$ **mamy** $R_{tot} = 0{,}18$

Rezystancja ścianki wynosi 0,35% oporu całkowitego; można ją pominąć w wymianie termicznej.

• Obliczanie rezystancji termicznej dla obudowy z materiału izolacyjnego

Poliester o grubości e = 4 mm

$$R_{cond} = \frac{e}{\lambda} = \frac{4 \times 10^{-3}}{0{,}2} = 1{,}6 \times 10^{-2} \quad (°C\ m^2/W)$$

W tym przypadku rezystancja wynosi 9% rezystancji całkowitej; można ją pominąć w wymianie termicznej.

Rodzaj materiału obudowy ma mały wpływ na współczynnik wymiany i nie stanowi kryterium wyboru przy rozproszeniu termicznym.

Nagrzewanie i wentylacja obudów
(ciąg dalszy)

URZĄDZENIA CHŁODZĄCE

1 MIESZANIE POWIETRZA WEWNĄTRZ OBUDOWY

Gradient termiczny (różnica temperatur)

Gdy mieszamy powietrze wewnątrz szczelnej obudowy, używając do tego celu jednego lub kilku wentylatorów, niwelujemy pojęcie gradientu termicznego.
Temperatura powietrza wyrównuje się w całej obudowie.

$$\Delta t_{śr} = \Delta t_{max} \quad i \quad g = 1$$

Wartość K

Stan wymiany ciepła poprzez ścianki obudów jest zależny od ich średniej temperatury; wartości K podano na str. 225.

Moc rozproszona

$$P = \Delta t \times K \times S$$

Dla tej samej maksymalnej dopuszczalnej temperatury możemy więc przemnożyć moc przez 1/g.
1/g ma wartość pomiędzy 1,4 a 2.

Wybór i umiejscowienie wentylatorów

W obudowie, w której ułożenie i zagęszczenie elementów jest takie, że średni poziomy przekrój przepływu powietrza jest równy co najmniej połowie jej powierzchni podstawy, należy stosować wentylatory o minimalnej wydajności wynoszącej 10% objętości obudowy w czasie jednej sekundy.

Doświadczenie uczy, że najlepsze wyniki uzyskujemy, gdy wentylator jest umieszczony na wysokości równej 1/3 wysokości wnętrza obudowy.

W obudowie o objętości 0,5 m^3 należy zastosować wentylator o minimalnej wydajności 0,05 m^3/s (50 l/s lub 180 m^3/h).

2 TRANSFER CIEPŁA Z WYKORZYSTANIEM PRZEPŁYWU POWIETRZA (WENTYLACJA)

Moc transferowana (W)

$$P = C \times \rho \times D \times \Delta t$$

gdzie:
C: ciepło powietrza w J/kg °C
C = 1000 = 0,24 kcal/kg
ρ: gęstość powietrza w kg/m^3 w wybranej temperaturze,
D: wydajność w m^3/s,
Δt: temperatura powietrza w °C.

Iloczyn C x ρ oznacza ciepło właściwe w J/m^3 °C, oznacza się go współczynnikiem ν, stąd $P = \nu \times D \times \Delta t$.
Objętość powietrza ν jest obliczana dla różnych temperatur (od 0 do 80°C) przy ciśnieniu atmosferycznym 10^5 Pa.
Zmiany gęstości ρ oblicza się według wzoru:

$$\rho = \rho_0 \frac{t_0}{t} \quad \text{gdzie} \quad \rho_0 = 1{,}293 \quad i \quad t_0 = 273$$

Ciepło właściwe powietrza w zależności od temperatury

We wzorze $P = \nu \times D \times \Delta t$, **ν podane jest w zależności od temperatury, podczas gdy:**
$\Delta t = t - t_{ot}$
W przypadku typowego zakresu temperatur szaf (od 20 do 60°C) współczynnik ν zmienia się tylko o 10%, co prowadzi do uśrednienia jego wartości.

Rozmieszczenie wentylatorów

Obudowa w nadciśnieniu — Obudowa w podciśnieniu

Aby nie przeszkodzić naturalnemu strumieniowi ciepłego powietrza, strumień z wentylatora powinien mieć ten sam kierunek.
Teoretycznie – jeżeli uznamy, że krzywe wydajność/ciśnienie oraz wydajność/podciśnienie wentylatora są jednakowe – pozycja wentylatora wpływa na moc rozproszoną tylko poprzez zmianę ν, wydajność D pozostaje stała. Moc rozproszona jest więc nieco mniejsza w podciśnieniu.
W praktyce i w przypadku wentylatorów spiralnych z filtrami stwierdzamy sytuację odwrotną: D2 > D1.

D1: nadciśnienie — D2: podciśnienie

Z praktycznego punktu widzenia:
- nadciśnieniu sprzyja szczelność obudowy, wentylator pracuje w temperaturze otoczenia, hałas jest mniejszy, niestety również wydajność może być mniejsza (patrz powyżej), a ciepło wytwarzane przez silnik wentylatora wpływa na bilans termiczny,
- w podciśnieniu kurz przenika łatwiej, wentylator pracuje w wyższej temperaturze (krótszy okres użytkowania), hałas jest większy, podobnie wydajność może być większa.
Producenci wentylatorów zalecają zwykle pierwsze rozwiązanie.

Nagrzewanie i wentylacja obudów
(ciąg dalszy)

Interpretacja charakterystyk

Charakterystyka wydajność/ciśnienie powinna odnosić się do zastosowanego urządzenia. Charakterystyka wentylatora wyposażonego w filtry i zamontowanego na obudowie może różnić się od charakterystyki wentylatora „izolowanego". Rzeczywista wydajność wyrażona jest więc za pomocą krzywej po odcięciu różnych obciążeń (siatki, filtry, ewentualne zanieczyszczenia i przegrody itp.).

Położenie wentylatorów

Gdy moc rozproszona lub straty obciążenia okażą się zbyt duże, konieczne może być zainstalowanie kilku wentylatorów.
W pierwszym przypadku wentylatory zostaną ułożone obok siebie, ich wydajność zostanie pomnożona przez liczbę wentylatorów, podczas gdy dostępne ciśnienie będzie jednakowe.
W drugim przypadku wentylatory zostaną ułożone kolejno (jeden za drugim), wydajność będzie taka sama, a ciśnienie zwielokrotnione.

Spadki ciśnienia związane ze stratami obciążeń zmieniają się wraz z krzywą wydajności. Tak więc podwojenie wydajności wymaga uwzględnienia poczwórnej zmiany ciśnienia.

Całkowita moc rozproszona

Jest to suma mocy rozproszonej przez ścianki obudowy i mocy przekazanej przez strumień powietrza:

$$P = \Delta t_1 \times K \times S + \Delta t_2 \times \nu \times D$$

gdzie:
Δt_1: Δt średnie w obudowie = g x Δt_{max},
Δt_2: Δt pomiędzy wejściem i wyjściem powietrza.
Mamy ν przy t_{ot} w nadciśnieniu i ν przy $t_{ot} + \Delta t_2$ w podciśnieniu.

Aby uzyskać większą skuteczność, zwykle umieszcza się ujście powietrza na dachu obudowy. Możemy więc przyjąć, że $\Delta t_2 = \Delta t_{max}$

i otrzymamy: $P = \Delta t_{max} (g \times K \times S + \nu \times D)$

Wartości g = współczynnik gradientu termicznego

Ulatnianie się gorącego powietrza zmniejsza akumulację w górnej części obudowy, tak więc gdy Δt_{max} nie przekracza 25°C i gdy wydajność wentylacji wynosi co najmniej 0,1 razy/s objętości obudowy, współczynnik g może wzrosnąć o 0,1 w stosunku do wartości krzywej i o 0,2, jeżeli wydajność wynosi 0,2 razy/s objętości obudowy (reguły ustalone doświadczenie).

^ Wentylator dostarczany z parą kratek wentylacyjnych i zmywalnym filtrem.

3 WENTYLOWANIE ZA POMOCĄ CIĄGU NATURALNEGO Z WYWIETRZNIKAMI UMIESZCZONYMI PIONOWO

Zastosowanie kratek wentylacyjnych, choć wpływa na stopień ochrony obudowy pozwala uniknąć zjawiska kondensacji i w pewnym stopniu ochłodzić aparaty. Wymiana ciepła jest ograniczona. Próby pozwoliły określić, że wydajność strumienia powietrza zależy od następujących parametrów:
- różnicy wysokości między kratkami wentylacyjnymi,
- różnicy temperatur pomiędzy wejściem i wyjściem powietrza: efekt konwekcji,
- przekroju wolnego ujścia powietrza.

Aby oszacować wydajność strumienia powietrza w m^3/h, możemy zastosować wzór:

$$D = 0{,}5 \times 10^{-4} \times \log h \times S^2 \times \Delta t^{0{,}6}$$

gdzie:
h: różnica wysokości pomiędzy kratkami wejściowymi i wyjściowymi w cm (dla h < 200 cm),
S: przekrój przejścia w cm^2,
Δt : maksymalna temperatura powietrza
Moc rozproszoną możemy obliczyć, podobnie jak w przypadku wentylatorów za pomocą wzoru:
$P = \nu \times D \times \Delta t$ (patrz str. 228).
Wartość ν musimy dobrać dla temperatury wyjściowej powietrza, jeżeli przekrój kratek wentylacyjnych wejściowych i wyjściowych jest ten sam.

Wpływ na gradient termiczny

Gdy kratki wentylacyjne wejściowe/wyjściowe mają ten sam przekrój, umożliwiają tę samą wydajność objętościową, ale ich wydajność masowa jest różna – współczynnik g zaczyna się zmniejszać (~0,05), a gradient termiczny zwiększać. Aby tego uniknąć, kratki wyjściowe powinny mieć większy przekrój niż wejściowe. Chcąc obliczyć wydajność D i moc P, bierzemy przekrój S wywietrznika wejściowego oraz ciepło objętościowe ν w temperaturze otoczenia.

Chłodzenie przez kratki wentylacyjne jest ograniczone.
Ciąg naturalny powietrza może ulec zakłóceniu, mogą też istnieć gorące punkty w obudowie.
Elementy najbardziej czułe na temperaturę są więc umieszczane blisko wejścia, a te najbardziej rozpraszające ciepło – blisko wyjścia.

4 CHŁODZENIE OBUDÓW ZA POMOCĄ WYMIENNIKÓW

W tym przypadku – inaczej niż w wywietrznikach i wentylatorach – powietrze wewnątrz obudowy nie znajduje się w kontakcie z powietrzem zewnętrznym i zanieczyszczenie nie jest przenoszone do obudowy. Wymienniki mogą być zbudowane wg różnych technologii i w związku z tym ich wydajność może być różna. W przypadku obudów czynnikiem chłodzącym jest zazwyczaj woda lub powietrze. Ilość wymienianego ciepła jest proporcjonalna do różnicy temperatur pomiędzy powietrzem wewnętrznym obudowy a powietrzem obwodu chłodzącego, w tym przypadku otoczenia.

Moc wymiany

Wyraża się wzorem:
$P = \Delta t \times Q$
gdzie:
Δt (°C): temperatura powietrza wewnętrznego,
Q (W/°C): pojemność wymiennika.

Nagrzewanie i wentylacja obudów
(ciąg dalszy)

Wpływ na gradient termiczny (różnicę temperatur)

Cyrkulacja wewnętrzna powietrza wymuszana przez wymiennik pozwala wyrównać temperatury w obudowie, tak jak dzieje się to w przypadku mieszania powietrza wewnątrz obudowy. Mamy więc g = 1.
Całkowita moc rozproszona wynosi:
$P_t = \Delta t_{max}$ (K x S x Q)

W żadnym przypadku temperatura wewnętrzna obudowy nie może być niższa od temperatury otoczenia – jest zawsze wyższa z powodu wydajności wymiennika, która zawiera się pomiędzy 0,5 a 0,8.
O zdolności cieplnej Q wymiennika decyduje wiele parametrów:
- temperatura, od której zależą ciepło objętościowe oraz współczynnik wymiany w wymienniku,
- wydajność powietrza, od której zależą straty obciążenia oraz współczynnik wymiany.
Aby dokonać precyzyjnych obliczeń, należy więc odnieść się do charakterystyk wymiennika.

< Wymiennik ciepła.

5 CHŁODZENIE PRZY UŻYCIU KLIMATYZATORA

Podobnie jak w przypadku wymiennika, także i tu powietrze wewnątrz obudowy nie pozostaje w kontakcie z otoczeniem.

Moc rozproszona

Moc chłodzenia klimatyzatorów jest podawana w W lub w frig/h.

1 W = 1,16 frig/h

Mogą więc utrzymywać temperaturę bliską zeru dla mocy rozproszonej w szafie równej mocy chłodzenia.
W tym przypadku nie występuje naturalne rozproszenie w obudowie i $\Delta t = 0$ we wzorze:
$P = \Delta t \times K \times S$

Zdolność chłodzenia jest optymalna dla określonego zakresu temperatur otoczenia (np. od 15 do 30°C) i zmniejsza się dla innych zakresów temperatur.

Wpływ na gradien termiczny (różnicę temperatur)

Cyrkulacja wewnętrzna powietrza wymuszana przez wymiennik pozwala wyrównać temperatury w obudowie, tak jak dzieje się to w przypadku mieszania powietrza wewnątrz obudowy.
Jeżeli przyjmiemy pewną temperaturę powietrza wewnętrznego (w granicach poprawnego działania klimatyzatora), obliczymy moc rozproszoną przez obudowę, gdzie g = 1 (patrz str. 228):

$$P_e = \Delta t_{max} \times K \times S$$

Całkowita moc rozproszona wynosi:

$$P = P_e + P_f$$

gdzie:
P_f: moc chłodzenie przy wybranym Δt

Obniżenie temperatury wewnątrz obudowy w stosunku do temperatury otoczenia

Uwzględniając parametry klimatyzatora (moc i minimalna regulacja) możemy obniżyć temperaturę obudowy poniżej wartości temperatury otoczenia.

Wybór temperatury pracy klimatyzatora jest niezwykle ważny. Oprócz zwiększonego wydatkowania energii obniżenie poniżej temperatury otoczenia redukuje moc rozproszoną (należy więc odciąć moc „wychwyconą" w otoczeniu) oraz zwiększa ryzyko kondensacji (efekt zimnych ścianek).

^ Klimatyzatory.

Interaktywny przewodnik do bilansu termicznego obudów

Na podstawie wprowadzonych przez użytkownika informacji program wykonuje obliczenia i pomaga wybrać rozwiązanie w zakresie wentylacji dla wszystkich rodzajów obudów i zestawów obudów produkcji Legrand.
Zawiera obszerną bazę danych o mocach rozproszonych dla większości produktów w ofercie.
Uwzględnienie wielu czynników: temperatury i wilgotności wewnętrznej oraz zewnętrznej, współczynnika działania itp. gwarantuje dostosowanie rozwiązań do wszystkich możliwych warunków.

Układy sieci

Różne rodzaje układów sieci ..... str. 236

„Wyspy” w układzie sieci ... str. 246

Układy sieci zespołów prądotwórczych ..... str. 252

Wybór układu sieci ..... str. 254

Budowa sieci zabezpieczającej ..... str. 260

Układy sieci, których głównym celem jest ochrona osób przed konsekwencjami przebicia izolacji w instalacjach, zostały szczegółowo opisane w normach. Poszczególne układy sieci zapewniają podobny poziom ochrony przed dotykiem pośrednim, natomiast różnią się poziomem ochrony mienia, zabezpieczeniem, ciągłością eksploatacji, poziomem kompatybilności elektromagnetycznej, kosztami instalacji, rodzajem serwisowania i możliwościami rozbudowy instalacji.

Norma PN-IEC 60364 opisuje trzy rodzaje układów sieci, oznaczanych TT, IT i TN. Pierwsza litera oznacza rodzaj zasilania (sposób podłączenia punktu zerowego uzwojenia wtórnego transformatora) w stosunku do uziemienia, zaś druga – sposób podłączenia metalowych mas aparatów w instalacji.

Poszczególne układy sieci różnią się połączeniem między układem sieci a ziemią oraz między częściami przewodzącymi dostępnymi a ziemią.

W jednej instalacji może występować kilka rodzajów układów sieci („wyspy"). Sposoby wykonania podano na str. 246.

Różne rodzaje układów sieci

Różne rodzaje układów sieci

Wszystkie układy sieci zapewniają taki sam poziom ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym. Niemniej jednak warto zapoznać się z warunkami wykonania i działania tych układów, aby ochrona ta była zagwarantowana i skuteczna.

UKŁAD SIECI TT (PUNKT NEUTRALNY UZIEMIONY)

T: punkt neutralny uziemiony
T: masy uziemione

W układzie sieci TT punkt neutralny uzwojenia wtórnego transformatora zasilającego instalację jest bezpośrednio uziemiony. Wszystkie części przewodzące dostępne powinny być ze sobą połączone przewodami ochronnymi PE i przyłączone do tego samego uziomu. Jakkolwiek prąd zwarciowy jest w dużym stopniu ograniczony przez impedancję uziemienia, może generować niebezpieczne napięcie dotykowe.

Prąd ten jest zwykle za mały, aby spowodować zadziałanie zabezpieczeń nadmiarowoprądowych, ale może spowodować zadziałanie zabezpieczenia różnicowoprądowego. Przewód neutralny nie może być uziemiony poniżej wyłącznika różnicowoprądowego[1]. Masy muszą być uziemione w jednym punkcie i zastosowanie jednego wyłącznika różnicowoprądowego powyżej[2] w instalacji jest zwykle wystarczające. W przypadku gdy obwody są uziemione w różnych punktach, każdy obwód musi mieć swoje własne zabezpieczenie różnicowoprądowe.

Układ sieci TT

(1) Poniżej wyłącznika różnicowoprądowego, tj. od wyłącznika różnicowoprądowego w kierunku odbioru.
(2) Powyżej wyłącznika różnicowoprądowego, tj. od wyłącznika różnicowoprądowego w kierunku zasilania.

UKŁAD SIECI TT (PUNKT NEUTRALNY UZIEMIONY)

W przypadku uszkodzenia izolacji odbiornika prąd uszkodzenia I_f płynie w obwodzie zwanym „pętlą zwarcia". Składa się ona z impedancji uszkodzenia odbiornika do masy, podłączenia tej masy do przewodu ochronnego, z impedancji samego przewodu ochronnego i uziemienia przewodu ochronnego (R_A). Pętla zamyka się przez uzwojenia transformatora oraz uziemienie punktu neutralnego sieci (R_B) i obwód zasilania. Można obliczyć impedancję pętli na podstawie zsumowania wszystkich rezystancji elementów połączonych szeregowo, które wchodzą w skład pętli. W praktyce norma dopuszcza takie rozwiązanie, przy wyliczeniu uwzględnia się tylko rezystancję uziemienia mas R_A.

Aby w wymaganym czasie nastąpiło samoczynne wyłączenie zasilania obwodu, w którym nastąpiło uszkodzenie izolacji podstawowej, wystarczy spełnić warunek $R_A \times I_f \leq 50$ V.

Prąd znamionowy różnicowy $I_{\Delta n}$ zabezpieczenia różnicowoprądowego dobiera się wg wzoru: $I_{\Delta n} < \frac{50}{R_A}$.

$I_{\Delta n}$ zabezpieczenia różnicowoprądowego w zależności od rezystancji uziemienia

$I_{\Delta n}$ wyłącznika różnicowoprądowego	$R_{uziemienia}$ (Ω) U_L: 50 V
≤30 mA	<500
100 mA	500
300 mA	167
1 A	50
3 A	17

W praktyce w suchych pomieszczeniach stosuje się wyłączniki różnicowoprądowe o $I_{\Delta n}$ = 100, 300 lub 500 mA podłączone do uziemień o rezystancji 100 Ω. Kiedy rezystancja uziemienia jest większa, stosuje się zabezpieczenie różnicowoprądowe o $I_{\Delta n}$ = 30 mA.

Norma PN-IEC 60634 nie zakłada granicznej wartości napięcia U_L = 25 V. Wartość tę stosuje się jedynie do mokrych pomieszczeń, gdzie warunki izolacyjne są pogorszone. Wynikają z tego niższe wartości rezystancji uziemienia. Z obserwacji instalacji elektrycznych w pomieszczeniach medycznych wynika, że wartość 25 V nie jest uzasadnioną. W tych przypadkach przyjmuje się wartość U_L = 50 V. W niektórych pomieszczeniach o wyższym poziomie zagrożenia (patrz część 7 normy PN-IEC 60364 – specjalne pomieszczenia) zaleca się zastosowanie dodatkowej ochrony (np. połączenia wyrównawcze lub zabezpieczenia obwodów przez wyłączniki różnicowoprądowe).

Różne rodzaje układów sieci
(ciąg dalszy)

Układ sieci TT z zabezpieczeniem różnicowoprądowym jest uzasadniony pod względem techniczno-ekonomicznym, bezpieczny i nie wymaga żmudnych obliczeń. Istotny problem w jego stosowaniu stanowi jedynie uzyskanie selektywności lub odpowiedni dobór czułości na prądy upływowe. Można stosować następujące rozwiązania:
- kilka poziomów zabezpieczenia różnicowoprądowego (z przesunięciem progu czułości i czasu wyłączenia), pozwoli to zachować odpowiednią selektywność (patrz str. 398),
- wyłączniki różnicowoprądowe krótkozwłoczne, które są odporne na podwyższone chwilowo wartości prądów upływowych (sieci informatyczne),
- transformatory separacyjne (patrz str. 64).

Uziemienie

Rezystancja uziemienia zależy od rodzaju gruntu. Średnia wartość rezystancji właściwej ρ gruntu wynosi:
- na gruntach ornych sypkich, nasypach, terenach podmokłych: 50 Ωm,
- na gruntach ornych, żwirowych, nasypach: 500 Ωm,
- na terenach kamienistych, piaszczystych suchych, skalistych nieprzepuszczalnych: 3000 Ωm.

Uziemienie zależy również od geometrii i wymiarów elektrody uziemienia (pręt uziemiający, płytka uziemiająca, przewód uziemiający w fundamentach budynku). Na stronie 188 zostały opisane środki ostrożności, jakie należy przedsięwziąć, aby zapobiec powstawaniu korozji uziemień w budynkach.

W niektórych krajach przyjęło się, iż zabezpieczenie w układzie sieci TT stanowią wyłączniki nadprądowe. Do ich prawidłowego działania należy uzyskać odpowiednie wartości rezystancji uziemienia (np. <0,5 Ω przy prądzie 32 A), co spowoduje przepływ podwyższonych prądów uszkodzeniowych.

Praktyczne wzory do obliczania uziemienia	
Pręt uziemiający	**R = ρ/L (L: długość prętu w m)**
Płyta uziemiająca	**R = 0,8 ρ/L (L: obwód płyty w m)**
Przewód poziomy – taśma	**R = 2 ρ/L (L: długość taśmy w m)**

Wyłączniki różnicowoprądowe ($I_{\Delta n}$ = 30 mA) zapewniają ochronę przed skutkami porażenia przy dotyku pośrednim przy niesprzyjających warunkach uziemienia (>500 Ω) lub uziemień trudnych do wykonania.
Wyłączniki te należy stosować obowiązkowo przy zasilaniu gniazd prądowych do 32 A oraz w instalacjach o podwyższonym zagrożeniu (urządzenia przenośne, instalacje na placach budów, wilgotne pomieszczenia). Wyłączniki różnicowoprądowe zapewniają dodatkową ochronę przed skutkami porażenia przy dotyku pośrednim i bezpośrednim.

UKŁAD SIECI TN

T: punkt neutralny uziemiony
N: masy podłączone do punktu neutralnego

W układzie sieci TN punkt zerowy transformatora jest uziemiony. Masy całej instalacji są podłączone do tego punktu za pośrednictwem przewodu ochronnego. Układ sieci określa się jako TN-C, gdy funkcję przewodu neutralnego i przewodu ochronnego spełnia jeden przewód, zwany przewodem ochronno-neutralnym PEN. Jeżeli te przewody są oddzielone, układ sieci oznacza się jako TN-S.
Jeśli te dwa warianty znajdują się w jednej instalacji, używa się oznaczenia TN-C-S, wiedząc, że układ TN-C znajduje się zawsze powyżej układu TN-S.
Impedancja pętli zwarciowej jest mała (nie przechodzi przez uziemienie). W przypadku uszkodzenia izolacji „pętla" przekształca się w zwarcie, którego prąd jest przerywany przez urządzenia zabezpieczające nadmiarowoprądowe.

Jeśli obciążenia są wyłącznie trójfazowe symetryczne, układ sieci TN-S może nie mieć wyprowadzonego przewodu neutralnego. Stosuje się wówczas aparaty trójbiegunowe, wyłączniki różnicowoprądowe nie będą miały wykorzystanego bieguna N.
Zgodnie z zasadą układ sieci TN, w którym przewód neutralny nie jest wyprowadzony, uznaje się za układ TN-S. Należy o tym informować, aby nie dochodziło do pomyłek.

Układ sieci TN-S

Układ sieci TN-C

Układ sieci TN-C-S

Różne rodzaje układów sieci
(ciąg dalszy)

Maksymalny czas wyłączenia t dla obwodów końcowych

Napięcie znamionowe U_0 (V)	t (s)
$50 < U_0 \leq 120$	0,8
$120 < U_0 \leq 230$	0,4
$230 < U_0 \leq 400$	0,2
> 400	0,1

W przypadku wystąpienia w jakimkolwiek punkcie instalacji zwarcia, które może uszkodzić przewód fazowy, przewód ochronny lub neutralny, automatyczne wyłączenie prądu zwarcia powinno nastąpić w zalecanym czasie wyłączenia t, z zachowaniem warunku $Z_S \times I_a \leq U_0$, gdzie:
Z_S: impedancja pętli zwarcia, która obejmuje linię zasilania, przewód ochronny i źródło (uzwojenie transformatora),
I_a: prąd wyłączający urządzenia zabezpieczającego w zalecanym czasie,
U_0: napięcie nominalne faza/ziemia.
Maksymalne czasy stosuje się w przypadku obwodów, które mogą zasilać urządzenia przenośne I klasy ochronności (wszystkie gniazda zasilające). W praktyce używa się w tym celu wyłączników bezzwłocznych.
W przypadku stałych elementów instalacji akceptowane są dłuższe czasy (do 5 s) pod warunkiem że $R_{PE} \leq \frac{500}{U_0 \times Z_S}$, gdzie R_{PE} to rezystancja przewodu ochronnego.
Za pomocą tego wzoru można sprawdzić, czy stosunek impedancji przewodu do całkowitej impedancji pętli zwarciowej jest taki, że potencjał uszkodzonej masy nie przekroczy 50 V, ale nie można sprawdzić, czy wyłączenie nastąpi w odpowiednim czasie.

W układzie sieci TN-C rola „przewodu ochronnego" jest ważniejsza niż rola „przewodu neutralnego". Obowiązuje tu zasada „w pierwszej kolejności chronimy". Przewód PEN powinien być zawsze podłączony do zacisku uziemiającego odbiornika. Jeśli istnieje zacisk neutralny, należy wykonać mostkowanie między zaciskami PEN a N.

Odbiornik jednofazowy Odbiornik trójfazowy

Potwierdzenie skuteczności działania zabezpieczenia przed porażeniem przy dotyku pośrednim w układzie sieci TN polega na sprawdzaniu warunków działania zabezpieczenia (patrz str. 293). Im wartość ta jest wyższa, tym warunki wyłączenia są łatwiejsze do spełnienia. Wartość prądu zwarciowego maleje wraz ze wzrostem długości instalacji. Można wówczas:
- zwiększyć przekroje przewodów (co zmniejsza impedancję pętli zwarciowej),
- wykonać miejscowe połączenie wyrównawcze (zmniejszenie spodziewanej wartości napięcia),
- zastosować dodatkową ochronę przez wyłączniki różnicowoprądowe.

To ostatnie rozwiązanie zabezpiecza obwody końcowe gniazd, których odbiorniki i długości przewodów nie są znane.

Określenie maksymalnej długości linii zabezpieczanej przed porażeniem przy dotyku pośrednim i minimalnymi prądami zwarciowymi jest warunkiem stosowania układu sieci TN (str. 294).

Aby zapobiec możliwości powstania różnicy potencjałów między przewodem neutralnym a uziemieniem (zwłaszcza w dużych instalacjach lub w przypadku przepięć powstałych na skutek uderzenia pioruna), można wykonać połączenia między przewodem PE i przewodem N: na poziomie źródła (punkt zerowy transformatora), powyżej wyłącznika głównego w głównej rozdzielnicy nN, powyżej aparatów zabezpieczających obwody użytkowe (w rozdzielnicach obwodowych) oraz w punkcie użytkowania (gniazdo odbiorcze).

Uwaga: Takie rozwiązanie można zastosować jedynie w krajach, w których rozłączanie przewodu neutralnego jest obowiązkowe.

Różne rodzaje układów sieci
(ciąg dalszy)

Wykrywania prądów doziemnych przez przekładnik prądowy nie należy stosować w układzie sieci TN-C. Przetężenia w przewodzie PEN można wykrywać – a tym samym odłączać przewody fazowe (ale nie przewód PEN) – umieszczając przekładnik jednobiegunowy na połączeniu przewodu neutralnego i przewodu PEN transformatora. Detekcja ta jest konieczna, gdy przekrój przewodu PEN jest mniejszy od przekroju przewodów fazowych.

Rozłączanie przewodu PEN

W przypadku przerwy lub odłączenia przewodu PEN potencjał punktu neutralnego instalacji może podnieść się do potencjału napięcia U_0. Dlatego przewód PEN nie może być rozłączany przez żaden aparat (rozłącznik, wyłącznik). Aby zachować ciągłość, minimalny przekrój tego przewodu nie może być mniejszy niż 10 mm² dla przewodów wykonanych z miedzi i 16 mm² dla przewodów aluminiowych.
W układzie sieci TN bezpieczeństwo związane z ograniczeniem potencjału mas polega na podłączeniu ich do przewodu ochronnego – w danym przypadku należy upewnić się, że potencjał jest bliski potencjałowi ziemi. Z tego powodu zaleca się uziemienie przewodu PE lub PEN w tylu punktach, w ilu jest to możliwe, a przede wszystkim na poziomie transformatorów zasilania w rozdzielnicy głównej (główne połączenie wyrównawcze), na poziomie każdego budynku, to znaczy na poziomie każdej grupy obwodów odbiorczych.

Przestrzeganie zasady nierozłączenia przewodu PEN może być kłopotliwe podczas pomiarów izolacji, zwłaszcza izolacji transformatora SN/nN. Odłączenie przewodu uziemiającego nie izoluje całkowicie zwojów, które są zawsze podłączone do przewodu PEN uziemionego przez przewód ochronny lub połączenia wyrównawcze instalacji. Aby wykonać chwilowe rozłączenie przewodu PEN, należy zamontować rozłącznik czterobiegunowy (lub lepiej 3P + N). Zaciski przewodu PEN należy zewrzeć przewodem o izolacji w kolorze żółto-zielonym o tym samym przekroju. Przewód ten należy odłączyć, aby można było wykonać pomiary po otwarciu rozłącznika. Zaletą rozwiązania jest fizyczne połączenie przewodu PEN w przypadku przywrócenia napięcia.

UKŁAD SIECI IT (PUNKT NEUTRALNY IZOLOWANY LUB UZIEMIONY PRZEZ IMPEDANCJĘ)

I: części czynne izolowane od ziemi
T: masy uziemione

W układzie sieci IT zasilanie instalacji jest izolowane od uziemienia lub połączone z nim przez impedancję Z o dużej wartości. Zwykle połączenie to wykonuje się w punkcie zerowym lub w sztucznym punkcie zerowym. Masy (części przewodzące dostępne oraz części przewodzące obce) instalacji są połączone ze sobą i uziemione. W przypadku uszkodzenia izolacji impedancja pętli uszkodzeniowej ma dużą wartość (określona przez pojemność instalacji w stosunku do uziemienia lub impedancję Z).
Przy uszkodzeniu pojedynczym wzrost potencjału mas jest ograniczony i nie ma niebezpieczeństwa porażenia. Wyłączenie nie jest konieczne, ciągłość zasilania zostaje zachowana, jednak przebicie musi być zlokalizowane i usunięte. Należy zainstalować urządzenia do ciągłej kontroli stanu izolacji (CPI). Jeśli pojedyncze uszkodzenie nie ustaje, a następuje drugie, przebicie przekształca się w zwarcie, które wykrywają aparaty zabezpieczające przed przetężeniami.

W układzie sieci IT masy (części przewodzące dostępne oraz części przewodzące obce) mogą być uziemione pojedynczo lub grupowo, ewentualnie wszystkie mogą być ze sobą połączone.
W każdym z powyższych przypadków należy sprawdzić, czy warunek $R_A \times I_a \leqslant 50$ V jest wystarczający dla rezystancji uziemienia R_A odpowiednich mas (I_a jest prądem wyłączenia aparatu zabezpieczającego). Najlepsze rozwiązanie stanowi połączenie ze sobą mas i uziemienie ich w jednym miejscu.
W przypadku podwójnego uszkodzenia warunki zabezpieczenia są takie jak w układzie sieci TT – jeżeli masy nie są połączone, lub takie jak w układzie sieci TN – jeśli masy są połączone (patrz określanie warunków zabezpieczeń – str. 295).

Układ sieci IT

Urządzenia do ciągłej kontroli stanu izolacji

Urządzenia do ciągłej kontroli stanu izolacji (CPI) podają wartość prądu płynącego pomiędzy punktem zerowym transformatora a uziemieniem. Nie podlega pomiarowi jego składowa pojemnościowa. Mierzony prąd informuje o upływności w każdej z faz instalacji i określa stan jej izolacji. Próg sygnalizacji (ustawiony na połowę wartości prądu przy poprawnej izolacji) lub wyświetlacz stale informują o stanie izolacji.
W instalacji powinien znajdować się jeden układ kontrolny. Napięcie pracy CPI musi uwzględniać rodzaj układu sieci (np. 230 V z przewodem neutralnym, 400 V bez przewodu neutralnego).

Różne rodzaje układów sieci
(ciąg dalszy)

Zasada działania układu sieci IT – pojedyncze uszkodzenie

■ **Pojedyncze uszkodzenie: nie ma zagrożenia dla ludzi**

Prąd uszkodzenia pojedynczego (I_f) jest ograniczony przez sumę rezystancji uziemień zasilania (R_B), masy (R_A) i impedancję (Z). W przykładzie powyżej:

$$I_f = \frac{U_0}{R_A + R_B + Z} = \frac{230}{30 + 10 + 2000} = 0{,}112\ A$$

Należy sprawdzić warunek braku wyłączenia i upewnić się, że prąd uszkodzenia pojedynczego nie podniesie napięcia mas do potencjału wyższego niż napięcie dotykowe graniczne U_L, należy spełnić warunek: $R_A \times I_f \leq 50$ V; w powyższym przykładzie: 30 x 0,112 = 3,36 V.
Masy nie osiągną niebezpiecznego napięcia i dopuszcza się brak wyłączenia.

Zasada działania układu sieci IT – podwójne uszkodzenie

■ **Podwójne uszkodzenie: zwarcie**

Należy sprawdzić warunek braku wyłączenia przy pojedynczym uszkodzeniu i upewnić się, że nie nastąpi wzrost napięcia mas do potencjału wyższego niż napięcie graniczne U_L, należy więc spełnić warunek: $R_A \times I_f \leq 50$ V; w powyższym przykładzie: 30 x 0,112 = 3,36 V. Tak więc przy pojedynczym uszkodzeniu masy nie osiągną niebezpiecznego napięcia i wyłączenie nie jest konieczne.
Gdy powstanie uszkodzenie podwójne, tworzy się pętla z mas uszkodzonych odbiorników, przewodów ochronnych i zasilających. Powoduje to przepływ większego prądu, powstanie zwarcia, którego warunki eliminacji są takie jak w układach sieci TN lub TT. Należy pamiętać, że sytuacja podwójnego uszkodzenia jest całkowicie niezależna od obecności lub braku przewodu neutralnego, izolacji bądź połączenia jednego punktu układu sieci poprzez impedancję.
Prąd uszkodzenia podwójnego jest zwykle mniejszy niż w układzie TN. Długości zabezpieczanych linii również są mniejsze.
W momencie wystąpienia uszkodzenia potencjał przewodu neutralnego może podnieść się do potencjału uszkodzonej fazy (napięcie fazowe). Potencjał pozostałych faz podniesie się do wartości napięcia międzyfazowego. Dlatego nie zaleca się zasilania aparatów między fazą i przewodem neutralnym w układzie sieci IT i w związku z tym wyprowadzania przewodu neutralnego.

„Wyspy" w układzie sieci

Każdy układ sieci ma swoje wady i zalety. Jeśli rozpatrujemy bezpieczeństwo mienia, kompatybilność elektromagnetyczną i ciągłość zasilania, to głównie dobiera się je według tych kryteriów. Parametry sieci i wymogi odbiorników mogą być niekompatybilne z jednym układem sieci. Dobrym rozwiązaniem w tym przypadku może okazać się wykonanie specjalnego układu – zwanego „wyspą" – w określonym miejscu instalacji.

ZASILANIE PRZEZ JEDEN TRANSFORMATOR

Możliwość wykonania różnych układów sieci w obrębie jednej instalacji zależy przede wszystkim od możliwości zasilania wydzielonego układu przez transformator separacyjny.
W praktyce tylko układy TN i TT mogą ze sobą współpracować, muszą być jednak spełnione następujące warunki:
- punkt neutralny musi być bezpośrednio uziemiony,
- elementy instalacji należy obliczać i zabezpieczać zgodnie z zasadami obowiązującymi w danym układzie sieci,
- każdy budynek musi mieć główne połączenie wyrównawcze, do którego należy podłączyć wszystkie przewody ochronne,
- każda część instalacji musi mieć własny przewód ochronny, do którego należy podłączyć masy (części przewodzące dostępne oraz części przewodzące obce),
- jeżeli masy różnych instalacji znajdują się w jednym budynku, muszą być połączone dodatkowym połączeniem wyrównawczym,
- należy przestrzegać zasad podłączania przewodu PEN (układ sieci TN-C), a zwłaszcza braku możliwości rozłączania go, oraz podłączania do głównego połączenia wyrównawczego poniżej rozłącznika.

Schemat zasilania jednego lub dwóch budynków znajdujących się blisko siebie

Zapewnić ciągłość przewodu PEN ① lub podłączenie do głównego połączenia ekwipotencjalnego za wyłącznikiem ②.

Podłączyć wszystkie przewody ochronne do jednego połączenia wyrównawczego ③.

Uwaga: Nowe instalacje wyposaża się w jeden układ sieci zasilanej z jednego transformatora (najczęściej w układzie TN) – rozwiązanie stosowane w Polsce.

Schemat zasilania kilku budynków

Jeśli w pierwszym budynku zastosowany jest układ sieci TN-C, przewód neutralny kabla zasilającego drugi budynek może być wykorzystywany jako przewód ochronno-neutralny (PEN) (kabel czterożyłowy). W przeciwnym wypadku (pokazanym na schemacie) kabel zasilający musi być kablem pięciożyłowym (PE i N oddzielone) lub czterożyłowym z żyłą PEN, aby zapewnić połączenie obwodów obu budynków. Jeżeli w jednym budynku zastosowano kilka układów sieci, takich samych lub różnych, obwody ochronne (przewód PE) muszą być łączone ze sobą i podłączone do jednego połączenia ekwipotencjalnego.

Przejście z układu sieci TN-C do układu TN-S nie jest uznawane za zmianę układu sieci, ale TN-S musi znajdować się zawsze poniżej TN-C.

„Wyspy" w układzie sieci
(ciąg dalszy)

Podłączenie instalacji z układem sieci TN-C lub TN-S do sieci publicznej

Sieć publiczna jest często wykonywana w układzie TT. Zmiana takiej sieci do układu TN wymaga zgody zakładu energetycznego:
- podłączenie można wykonać tylko w sieci ziemnej,
- przewód neutralny nN jest podłączony do uziemienia mas SN (schemat TNR, patrz str. 24),
- przewód PEN nie może być rozłączony do punktu dostawy energii (do przyłącza),
- do obliczenia ewentualnej pętli zwarcia potrzebne są parametry sieci (odległości, moce, rozbudowa).

* Jeśli przyłącze i główna rozdzielnica nN są umieszczone w jednym budynku, masy przyłącza powinny być podłączone do tego samego uziemienia co instalacja nN.

Przykład połączenia układów sieci: instalacja indywidualnego użytkownika (TT), instalacja wspólna TN (np. obwody ogrzewania)

ZASILANIE PRZEZ TRANSFORMATOR SPECJALNY

Wyróżnia się trzy przypadki:

• Użycie „transformatora separacyjnego" do miejscowej separacji obwodu odbiorczego od obwodu zasilającego, tak aby nie doszło do porażenia przy dotyku pośrednim w odseparowanym obwodzie (PN-IEC 60364-4-41 rozdział 413.5). Rozwiązanie takie stosuje się przy zasilaniu jednego odbiornika lub zestawu odbiorników (patrz str. 64).

• Zastosowanie transformatora separacyjnego do osobnego zasilania urządzeń czułych na zakłócenia elektromagnetyczne. Taki rodzaj transformatora stosuje się ze względu na jego właściwości filtrowania (patrz str. 151).

• Zastosowanie transformatora separacyjnego umożliwiającego wykonanie źródła zasilania, na którego odpływie można utworzyć układ sieci TN-S lub IT dopasowany do potrzeb „wyspy".

^ Transformator separacyjny.

Zasilanie w układzie sieci TN-S

Rozwiązanie takie stosuje się w instalacjach o dużych prądach upływu (przetwarzanie informacji), w instalacjach o słabej izolacji (piece, spawarki) lub tam, gdzie występują duże zakłócenia (nadajniki). Instalacje, w których ważny jest system przeciwzakłóceniowy (np. kondensatory), mogą także wymagać zastosowania tego układu sieci (sterowniki przemysłowe lub telekomunikacyjne).
W przypadku uszkodzenia izolacji (dotyk pośredni) odbiorniki są zabezpieczone przez aparaty przeciwprzetężeniowe, jeśli prąd uszkodzeniowy jest większy (+20%) od prądu wyzwolenia.
Jeżeli moc zwarciowa transformatora jest niewystarczająca do ochrony przez wyłączniki nadprądowe, stosuje się wyłącznik różnicowoprądowy o niskiej czułości (np. 1 A).
Należy zwrócić szczególną uwagę na ekwipotencjalność odbiorników, zaleca się wykonanie dodatkowych połączeń wyrównawczych.
Wykonuje się również połączenie przewodu neutralnego z przewodem ochronnym i dodatkowe uziemienie.

Separacja w układzie sieci trójfazowej TN-S (można ją wykonać również w sieci jednofazowej)

„Wyspy" w układzie sieci
(ciąg dalszy)

Praktyczny sposób obliczania wartości zabezpieczenia dla uzwojenia wtórnego

Aby sprawdzić, czy urządzenie zabezpieczające zostało dobrze dobrane, można obliczyć przybliżoną, minimalną wartość prądu zwarcia w najbardziej oddalonym punkcie instalacji, przy użyciu poniższego wzoru:

$$I_{kmin} = \frac{U_S}{\left(\frac{U_S^2}{P} X \frac{U_{cc}\%}{100}\right) + \frac{2\rho l}{S}}$$

gdzie:
U_S: napięcie na uzwojeniu wtórnym transformatora w V,
P: moc transformatora w VA,
U_{cc} % : napięcie zwarciowe transformatora,
l: długość linii w m,
S: przekrój linii w mm²,
ρ miedzi: 0,023 Ω mm²/m.

Prąd znamionowy zabezpieczenia należy dobrać przy czasie wyłączenia zwarcia do 5 s oraz przy prądzie I_k wyliczonym z poniższych zależności.

Wkładka topikowa typu gG: $I_n \leq \frac{I_{kmin}}{4}$

Wyłącznik o charakterystyce C: $I_n \leq \frac{I_{kmin}}{8}$

Zasilanie w układzie sieci IT

Układ ten jest stosowany w instalacjach:
- gdzie konieczne jest zapewnienie ciągłości zasilania ze względów bezpieczeństwa (szpitale, przemysł rolno-spożywczy),
- gdzie konieczne jest zapewnienie ciągłości zasilania (wentylacja, pompy),
- o podwyższonym zagrożeniu pożarowym (silosy),
- o małej mocy zwarciowej (autonomiczne generatory).

Główną zaletą układu sieci IT jest ograniczenie wyłączenia przy pojedynczym uszkodzeniu. Układ ten ma jednak też pewne wady, które należy dobrze rozważyć:
- brak przewodu neutralnego, którego zastosowanie zmniejsza ryzyko wzrostu potencjału lub powoduje wyłączenie w przypadku wystąpienia podwójnego uszkodzenia; jest mało kompatybilny, gdy istnieje potrzeba zasilania odbiorników jednofazowych,
- ryzyko podwyższenia potencjału ziemi, masy aparatów elektronicznych są połączone ich przewodem ochronnym,
- nie można zastosować wyłączników różnicowoprądowych o $I_{\Delta n}$ = 30 mA do zabezpieczania gniazd, gdyż nastąpi wyłączenie przy pierwszym zwarciu.

Zaleca się stosowanie „wyspy" IT w małych instalacjach. W przypadku gdy konieczne jest zastosowanie przewodu neutralnego, powinien on być zabezpieczany (ale nierozłączalny) – nie ogranicza się jego przekroju (bo mógłby ulec przegrzaniu przy uszkodzeniu podwójnym). Przy doborze przewodu neutralnego należy wziąć pod uwagę obecność harmonicznych. Aby ograniczyć ryzyko wzrostu potencjału mas, łączy się masy ze sobą i uziemia miejscowo, a następnie to uziemienie łączy się z wszystkimi uziemieniami budynku przez główne połączenie wyrównawcze.

„Wyspa" w układzie sieci IT dla zapewnienia ciągłości zasilania, gdy jest wyprowadzony przewód neutralny

Układ sieci IT stosowany w szpitalach

Układ sieci IT jest zalecany do stosowania w obiektach medycznych. Jest obowiązkowy w salach operacyjnych, szczególnie tych, w których przeprowadzane są operacje kardiologiczne. Zaleca się go również w salach intensywnej terapii oraz salach, gdzie wykonuje się hemodializy oraz hydroterapię. Transformator i osprzęt muszą znajdować się w oddzielnym pomieszczeniu, przy czym musi być widoczna sygnalizacja kontroli izolacji. Impedancja Z urządzenia do stałej kontroli izolacji powinna wynosić co najmniej 100 kΩ z regulowanym progiem alarmu do 50 kΩ, który odpowiada prądowi uszkodzeniowemu wynoszącemu 5 mA ($I_f = \frac{U_0}{Z} = \frac{230}{50\,000} = 4{,}6$ mA) i umożliwia wykrycie ewentualnego uszkodzenia, zanim wyłącznik różnicoprądowy spowoduje wyłączenie. Wszystkie obwody należy zabezpieczyć wyłącznikami różnicoprądowymi typu A (patrz str. 394). Urządzenia o mocy >5 kVA muszą być zasilane bezpośrednio, a nie przez gniazda. Urządzenia i gniazda o mocy <5 kVA powinny być zasilane przez transformator separacyjny we wszystkich rodzajach sal, gdzie medyczny układ sieci IT jest obowiązkowym.

Kompatybilność wyłączników różnicoprądowych o dużej czułości z brakiem wyzwolenia przy pierwszym uszkodzeniu w „wyspie" IT

Zabezpieczenie gniazd wyłącznikami różnicoprądowymi o dużej czułości jest obowiązkowe, niemniej jednak przy ich stosowaniu mogą wystąpić przypadki niepożądanych wyłączeń. Aby temu zapobiec, należy ustawić próg detekcji urządzenia kontrolującego izolację na wartość niższą niż prąd zadziałania wyłącznika różnicoprądowego. Gdy koniecznym jest zapewnienie ciągłości zasilania, można nie stosować wyłączników różnicoprądowych, ale wtedy odbiorniki należy przyłączyć bezpośrednio do instalacji (nie poprzez gniazda). Dopuszcza się odstępstwo od tego warunku i zasilanie odbiorników przez gniazda, ale tylko wtedy, gdy nie ma ryzyka przyłączenia do tego gniazda jakiegokolwiek innego odbiornika poza przewidzianym.

Układy sieci zespołów prądotwórczych

Zabezpieczenie przed porażeniem w instalacjach z zespołami prądotwórczymi stanowi osobne zagadnienie. Przenośnych zespołów prądotwórczych nie można uziemić, a sposób podłączenia za pomocą elastycznych przewodów jest ich słabym elementem. Zespoły prądotwórcze mają niższy poziom prądu zwarcia niż transformatory (około 3 I_n, a transformatory około 20 I_n), dlatego warunki wyłączenia konieczne do zabezpieczenia przed porażeniem przy dotyku pośrednim nie mogą być dobrane jak dla urządzeń zasilanych z normalnego źródła.

Przenośne zespoły prądotwórcze o małej mocy do instalacji tymczasowych

Przenośne zespoły prądotwórcze mają moc do kilku kVA i zasilają bezpośrednio niewielką grupę odbiorników (stragany, kioski, zasilanie przenośnych narzędzi).
Masy zespołów prądotwórczych i masy instalacji muszą być połączone przewodem ochronnym. Każdy obwód odbiorczy należy zabezpieczyć wyłącznikiem różnicowoprądowym o $I_{\Delta n} \leqslant 30$ mA.
Jeżeli zespół prądotwórczy zasila jedno lub kilka gniazd bez zabezpieczenia różnicowoprądowego, to w każdym obwodzie należy umieścić jeden wyłącznik różnicowoprądowy w odległości co najwyżej 1 m od zespołu prądotwórczego. Jeśli zespół prądotwórczy ma II klasę ochronności, nie wykonuje się połączeń mas, ale obowiązkowo stosuje wyłączniki różnicowoprądowe jako dodatkowe zabezpieczenie przed porażeniem przy dotyku pośrednim, zwłaszcza przy podłączeniu przewodami elastycznymi.

Przenośny zespół prądotwórczy do instalacji tymczasowych

Przenośne zespoły prądotwórcze dużej mocy do instalacji tymczasowych

Zespoły te mają moc powyżej 10 kVA i zasilają większe instalacje (place budów, karuzele).
Masy zespołów prądotwórczych łączy się z masami urządzeń poprzez przewód ochronny. Wyłącznik różnicowoprądowy o $I_{\Delta n} \leqslant 30$ mA zabezpiecza przed przypadkami porażenia prądem.
W przypadku gdy konieczne jest uzyskanie selektywności różnicowoprądowej między zasilanymi obwodami, można zastosować zasady opisane na str. 398.
Nie ma możliwości wykonania odpowiedniego uziemienia w układzie sieci TN-S.
Prąd zwarciowy zamyka się przez połączenie mas.
Przewód neutralny może, ale nie musi być prowadzony.

Przenośne zespoły prądotwórcze w instalacjach stałych

Tymczasowe zasilanie instalacji stałej musi być wykonane po odłączeniu zasilania podstawowego. Można użyć wyłącznika głównego, rozłącznika lub przełącznika, pod warunkiem że niemożliwe jest jednoczesne załączanie obu zasilań (blokada mechaniczna lub elektryczna).
Bez względu na to, jaki jest układ sieci instalacji, konieczne jest wykonanie połączenia mas (TT, IT), punktu zerowego zespołu prądotwórczego i mas zespołu prądotwórczego (TN) do mas istniejącej instalacji. Jeśli warunki zabezpieczenia (I_{kmin}) nie są spełnione, należy stosować wyłączniki różnicowoprądowe. Na wszystkich przewodach czynnych (fazowym i neutralnym) lub na przewodzie podłączeniowym punktu zerowego generatora do uziemienia (TT lub TN-S) umieszcza się przekładniki różnicowoprądowe. Nie można zastosować tego rozwiązania w układzie sieci TN-C.

Zespół prądotwórczy w instalacji stałej

**Uwaga: Ochrona przed porażeniem przy dotyku pośrednim w układach sieci TN lub IT może nie być zapewniona (zbyt mała wartość I_k).
Na instalacjach zasilanych przez przenośne zespoły prądotwórcze obok punktu podłączenia należy umieścić informację:
MINIMALNE OBCIĄŻENIE ZESPOŁU PRĄDOTWÓRCZEGO: X kVA.**

Stacjonarne zespoły prądotwórcze w instalacjach stałych

Jeżeli zespół prądotwórczy jest zasilaniem zastępczym, musi działać w tym samym układzie sieci co zasilanie podstawowe.
Należy sprawdzić warunki zabezpieczenia przed porażeniem przy dotyku pośrednim i warunki wyzwoleń przy minimalnych prądach zwarciowych (patrz str. 284-311) dla spodziewanych zwarć w układach sieci TN i IT.

Jeżeli zespół prądotwórczy jest źródłem zasilania awaryjnego, należy stosować układ sieci IT.

Instalowanie i uruchamianie zespołów prądotwórczych jest regulowane dokładnymi przepisami, które określają parametry pomieszczeń (odprowadzanie spalin oraz dopuszczalny poziom hałasu).

Wybór układu sieci

Wybór układu sieci jest trudnym zadaniem, gdyż często wiąże się ze sprzecznymi wymogami. Do tego stopnia, że czasem trzeba utworzyć kilka układów (separacja), aby sprostać potrzebom bezpieczeństwa, konserwacji lub różnym sposobom eksploatacji w obrębie jednej instalacji.

PORÓWNANIE POSZCZEGÓLNYCH UKŁADÓW SIECI

	Układ sieci TT
Ogólna zasada	Detekcja prądu uszkodzeniowego, który przepływa przez uziemienie i odcięcie zasilania przez wyłącznik różnicowo-prądowy.
Zalety	- Układ prosty (wykonuje się mało obliczeń). - Można zwiększyć długość linii bez wykonywania dodatkowych żmudnych obliczeń. - Małe prądy zwarciowe (bezpieczeństwo przeciwpożarowe). - Nie wymaga serwisowania (oprócz regularnych testów wyłączników różnicowoprądowych). - Zapewnia ochronę ludzi przy zasilaniu urządzeń przenośnych i przy uziemieniu o dużej rezystancji (wyłączniki różnicowoprądowe 30 mA). - Działanie przy źródle o zmniejszonym spodziewanym prądzie zwarcia I_k (zespoły prądotwórcze).
Wady	- Brak selektywności różnicowoprądowej, jeżeli w rozdzielnicy głównej jest tylko jeden wyłącznik różnicowoprądowy. - Konieczność instalowania wyłączników różnicowoprądowych na każdym odpływie w celu uzyskania selektywności (koszt). - Ryzyko przypadkowych wyłączeń (przepięcia). - Podłączenie mas do jednego uziemienia (duże instalacje) lub konieczność zastosowania wyłącznika różnicowoprądowego na kilka mas. – Poziom bezpieczeństwa zależny od wartości rezystancji uziemienia.
Uwagi	- Zalecane jest stosowanie ochronników przy zasilaniu przez sieci napowietrzne. - Możliwość połączenia uziemienia zasilania i mas przy zasilaniu indywidualnym transformatorem SN/nN (należy sprawdzić zdolność zwarciową wyłączników różnicowoprądowych). - Konieczność znajdowania rozwiązań dla urządzeń o podwyższonych prądach upływu (separacja, „wyspy”). - Konieczność wykonywania solidnych uziemień (bezpieczeństwo ludzi). - Należy wykonywać okresowe pomiary wartości rezystancji uziemień i progów wyzwolenia wyłączników różnicowoprądowych.

PORÓWNANIE POSZCZEGÓLNYCH UKŁADÓW SIECI

Układ sieci TN	Układ sieci IT
Prąd uszkodzeniowy jest przekształcany w prąd zwarciowy, który wyłączają urządzenia zabezpieczające przed przetężeniami, potencjał mas jest utrzymywany na bezpiecznym poziomie.	Opanowanie słabego prądu pojedynczego uszkodzenia ogranicza wzrost potencjału mas, nie ma wówczas potrzeby wyłączenia.
- Obniżone koszty (takie same zabezpieczenia przed prądami uszkodzeniowymi i przed przetężeniami). - Uziemienie nie ma wpływu na bezpieczeństwo ludzi. - Małe prawdopodobieństwo wystąpienia zakłóceń (dobre połączenia wyrównawcze, uziemiony przewód neutralny). - Układ mało czuły na prądy upływowe (urządzenia grzewcze, informatyczne).	- Ciągłość działania (nie następuje wyłączenie, gdy wykryty zostaje pojedynczy prąd uszkodzeniowy). - Pojedynczy prąd uszkodzeniowy jest bardzo mały (ochrona przed pożarem). - Prąd uszkodzeniowy powoduje małe zakłócenia. - Działanie przy źródłach o obniżonym, spodziewanym I_k (zespoły prądotwórcze). - Zasilanie dedykowanych odbiorników przy prądach uszkodzeniowych (silniki).
- Podwyższone prądy zwarciowe (zakłócenia i ryzyko wystąpienia pożaru, zwłaszcza w układzie TN-C). - Konieczność wykonywania dokładnych obliczeń linii. - Istnieje pewne ryzyko w przypadku rozbudowy instalacji lub jeżeli dostęp do niej mają osoby nieprzeszkolone.	- Kosztowna instalacja (zabezpieczony przewód neutralny, zabezpieczenie przeciwprzepięciowe). - Koszty eksploatacyjne (przeszkolony personel, lokalizowanie awarii). - Instalacja wrażliwa na zakłócenia (słabe połączenie wyrównawcze z ziemią). Ryzyko wystąpienia drugiego prądu uszkodzeniowego: • powstanie zwarcia, • zakłócenia (wzrost potencjału ziemi), • możliwość pojawienia się napięcia międzyfazowego (jeśli jest prowadzony przewód neutralny).
- Konieczność sprawdzania warunków zabezpieczeń: podczas projektowania (obliczenia), przy i po wykonaniu, okresowo podczas eksploatacji oraz w przypadku wykonywania zmian w obrębie instalacji. - Kontrola instalacji wymaga użycia specjalnych urządzeń do testowania (pomiar I_k na końcu linii). - Zastosowanie wyłączników różnicowoprądowych umożliwia ograniczenie prądów uszkodzeniowych (sprawdzić ich zdolność zwarciową) i skutków awarii, których nie przewidziano przy obliczeniach (przerwanie przewodów ochronnych, długości linii przenośnych odbiorników).	- Sygnalizacja pojedynczego uszkodzenia jest obowiązkowa i jego prąd musi być natychmiast wykryty. - Należy unikać wystąpienia uszkodzenia podwójnego ze względu na ryzyko, jakie ze sobą niesie. - Konieczne zabezpieczenie przez ochronniki (ryzyko wzrostu potencjału ziemi). - Zaleca się ograniczenie rozmiarów instalacji w układzie IT do niezbędnie koniecznych („wyspa").

Wybór układu sieci
(ciąg dalszy)

Poniższe tabele poniżej podają ogólne zasady, którymi należy się kierować przy wyborze układu sieci w zależności od instalacji, odbiorników i warunków eksploatacji. W niektórych wypadkach nie jest możliwe zastosowanie tych reguł. Układ sieci musi być tak dobrany, aby mógł współdziałać ze wszystkimi zastosowaniami instalacji.

Jeżeli jakieś zastosowanie nie jest kompatybilne z wybranym układem sieci, należy go oddzielić i zastosować jedno z rozwiązań: wydzielenie, filtrowanie lub separację. Dobieranie jednego, wspólnego układu sieci dla tego jednego zastosowania niesie ze sobą ryzyko złego wyboru dla całej reszty instalacji.

Rodzaj i parametry instalacji	Zalecany układ sieci
- Publiczna sieć przesyłowa nN.	TT (TN w szczególnych przypadkach)
- Rozległa sieć z uziemieniem średniej jakości. - Zasilanie przez transformator o niskim I_k. - Zespoły prądotwórcze (zasilanie tymczasowe). - Sieć linii napowietrznych.	TT
- Sieć zakłócana (strefa burzowa). - Sieć, w której występują znaczne prądy upływowe.	TN
- Zespoły prądotwórcze (zasilanie tymczasowe).	TN-S
- Zespoły prądotwórcze (zasilanie awaryjne). - Źródło zasilania obwodów zasilania awaryjnego w budynkach użyteczności publicznej.	IT
Rodzaj odbiorników i warunki eksploatacji	**Zalecany układ sieci**
- Duża liczba urządzeń ruchomych lub przenośnych. - Instalacje, w których często wykonuje się przeróbki. - Instalacje czasowe na budowach. - Stare instalacje. - Pomieszczenia zagrożone wybuchem pożaru.	TT
- Sprzęt elektroniczny i informatyczny. - Maszyny i ich wyposażenie (np. obrabiarki). - Sprzęt transportowy (podnośniki, żurawie). - Urządzenia o słabej izolacji (piekarniki, parowniki). - Instalacje, w których występują duże prądy upływowe.	TN-S
- Pomieszczenia zagrożone wybuchem pożaru. - Instalacje kontroli i sterowania z dużą ilością czujników. - Instalacje, gdzie konieczna jest ciągłość zasilania (szpitale, przepompownie, wentylacja). - Aparaty czułe na prądy upływowe (ryzyko uszkodzenia cewek).	IT

UKŁADY SIECI A KOMPATYBILNOŚĆ ELEKTROMAGNETYCZNA

Wybór układu sieci ma bezpośredni związek z „kompatybilnością elektromagnetyczną" instalacji:
- konsekwencje uderzenia pioruna po części zależą od rodzaju zasilania i uziemienia, które określa pierwsza litera w nazwie układu (I lub T),
- przenoszenie przewodzonych lub emitowanych zakłóceń o dużej częstotliwości zależy od podłączenia mas instalacji i od połączeń wyrównawczych, które określa druga litera (T lub N).

Odległości przy dystrybucji energii wymagają wspólnego potencjału odniesienia, który musi być dostępny od źródła do odbiornika i odprowadzać zakłócenia, takie jak uderzenie pioruna. Tylko uziemienie spełnia te warunki!

Oddzielna instalacja i zasilanie (publiczna sieć dystrybucji)

W niektórych miejscach uziemienie nie jest konieczne do uzyskania ekwipotencjalności instalacji, ponieważ sieć mas zapewnia ekwipotencjalność. Gdy źródło energii znajduje się blisko lub jest autonomiczne (baterie akumulatorów, baterie słoneczne, zespoły prądotwórcze), nie ma potrzeby uziemienia zasilania i instalacji. Zabezpieczenie można wykonać miejscowo przez nieuziemione połączenia wyrównawcze. W przypadku uderzenia pioruna, który jest głównym zagrożeniem, jednakowo wzrasta potencjał całej instalacji, nie ma więc żadnych zniszczeń. Zasadę tę stosują stacje meteorologiczne usytuowane na dużej wysokości lub pojedyncze nadajniki.

Instalacja autonomiczna

Wybór układu sieci
(ciąg dalszy)

Tryb różnicowy, tryb wspólny

W trybie różnicowym indukujące się zakłócenie na linii powoduje powstanie prądu I_{md} oraz napięcia U_{md} między przewodem głównym i powrotnym linii. Takie napięcie może zmienić poziom normalnie transmitowanego sygnału i spowodować błąd sterowania (linii transmisyjnej) lub uszkodzenie urządzeń w przypadku zakłóceń energetycznych spowodowanych uderzeniem pioruna (linia energetyczna).

W trybie wspólnym podniesienie potencjału U_{mc} jest takie samo na obu przewodach linii i dokonuje się w stosunku do zewnętrznego odniesienia, zwykle do ziemi. Prąd w trybie wspólnym I_{mc} płynie w tym samym kierunku w obu przewodach.

Zakłócenia w trybie różnicowym są najbardziej uciążliwe, ponieważ oddziałują na parametry funkcjonalne urządzeń (poziomy pomiarów, progi wyzwoleń, zasilania itp.).
Zakłócenia w trybie wspólnym, nawet jeśli mają wyższy poziom, oddziałują wyłącznie na izolację urządzeń, która musi być dokładnie obliczana z powodów bezpieczeństwa.

Istotną rolę odgrywa przekształcanie zakłóceń w trybie różnicowym na zakłócenia w trybie wspólnym, aby ograniczyć ich skutki i ułatwić filtrowanie. Stosowanie skrętek jest najprostszym i najbardziej uniwersalnym sposobem przy transmisji danych.

„Prawdziwy tryb wspólny" charakteryzuje się przepływem zakłóceń we wszystkich przewodach. Występują liczne sprzężenia pojemnościowe lub galwaniczne z innymi aparatami. Na przykład przepięcie spowodowane uderzeniem pioruna jest przykładem „prawdziwego trybu wspólnego". Nie wychwytuje go transformator.
„Fałszywy tryb wspólny" charakteryzuje się powrotem

zakłóceń przez obwód ochronny i sieć mas. Jest to przykład urządzeń o metalowej obudowie (klasa I ochronności) podłączonych do obwodów końcowych. „Fałszywy tryb wspólny" jest wychwytywany przez transformator, a zwłaszcza przez transformator ekranowany.

Wady i zalety układów sieci w kontekście kompatybilności elektromagnetycznej

Układ sieci	Zalety	Wady
TT	- Stały potencjał przewodu neutralnego. - Małe prądy uszkodzeniowe.	- Oddzielne uziemienia „źródła" i „odbiorników", niedoskonałe połączenia wyrównawcze mogą spowodować podwyższenie impedancji uziemienia części użytkowej. - Przewód PE nie tworzy dobrego odniesienia potencjału, stąd konieczność wykonywania dodatkowych połączeń wyrównawczych. - Asymetria powstająca na skutek uderzenia pioruna powoduje przepięcia w trybie różnicowym.
IT	- Małe prądy uszkodzeniowe. - Dobre zabezpieczenie przed uderzeniem pioruna (przepięcia w trybie wspólnym); istnieje ryzyko wzrostu impedancji przewodu neutralnego, stąd konieczność stosowania aparatów przeciwprzepięciowych.	- Potencjał uziemienia części użytkowej nie jest stały w stosunku do źródła, w konsekwencji potencjał mas również. - Podniesienie potencjału ziemi (bezpośrednie uderzenie pioruna) lub pojedyncze uszkodzenie powoduje utratę odniesienia dla urządzeń elektronicznych. - Ciągły przepływ prądów przez sprzężenie pojemnościowe między przewodami czynnymi a uziemieniem.
TN-S	- Jedno odniesienie potencjału „źródło" i „użytkowanie", ziemia nie jest używana jako przewodnik, dobre połączenie wyrównawcze mas. - Mała impedancja obwodu ochronnego z powodu konieczności przewodzenia dużych prądów zwarciowych.	- Specyficzne zasady dotyczące instalacji i materiałów (przewód pięcio-żyłowy). - Możliwe tłumienie zakłóceń w przewodzie neutralnym, jeżeli nie ma połączenia wyrównawczego między przewodem neutralnym i przewodem PE lub gdy ich długości są różne. - Podwyższone prądy uszkodzeniowe. - Asymetria powstająca na skutek uderzenia pioruna powoduje przepięcia w trybie różnicowym.

Przyjmuje się, że układ sieci TN-S jest najlepszym rozwiązaniem w zakresie kompatybilności elektromagnetycznej. Ograniczenia tego układu sieci można wyeliminować, stosując dodatkowe ochronniki, które łączą tryb wspólny i różnicowy.
Zastosowanie na każdym obwodzie odpływowym wyłączników różnicowoprądowych, które są dobrane odpowiednio do prądów upływowych, zmniejszy prądy w przypadku wystąpienia uszkodzenia.

Nie zaleca się stosowania układu sieci TN-C z powodu przepływu dużych prądów uszkodzeniowych w przewodzie PEN.

Budowa sieci zabezpieczającej

Przewody ochronne nazywamy także „żyłami ochronnymi" sieci zabezpieczającej. Złożoność tej sieci wzrasta wraz z wymogami dotyczącymi nowych technologii informatycznych, stosowania ochronników, sieci lokalnych, co powoduje, że niekiedy mylone jest słownictwo. Biorąc to pod uwagę, proponujemy małe przypomnienie niektórych terminów.

Symbole

- Uziemienie, symbol ogólny.
- Uziemienie ochronne (stosuje się przewód o podwójnej kolorystyce żółto-zielonej).
- Uziemienie funkcjonalne. Rola uziemienia nie polega jedynie na zabezpieczeniu przed porażeniem prądem elektrycznym.
- lub ⊥ Masy, połączenia części metalowych, punkt odniesienia napięcia.
- Połączenia wyrównawcze.
- Masy nieprzyłączane do przewodu ochronnego.
- Aparat o podwójnej izolacji, która wynika z jego konstrukcji, lub rozdzielnica wyposażona o podwójnej izolacji (zwanej izolacją całkowitą). II klasa ochronności

< Rozdzielnice XL³: połączenie mas, które wynika z koncepcji samej rozdzielnicy, bardzo ułatwia podłączenie przewodów ochronnych obwodów odbiorczych.

< Przewody połączeń wyrównawczych podłączone do wspólnej szyny lub do „głównego zacisku przewodów ochronnych".

Schemat sieci zabezpieczającej (patrz definicje na następnej stronie)

Budowa sieci zabezpieczającej (ciąg dalszy)

DEFINICJE

1 Uziom
Elementy metalowe lub zespół elementów metalowych umieszczonych w gruncie i zapewniających z nim dobre połączenie elektryczne. Uziom wykonuje się w zależności od miejscowych warunków (rodzaj gruntu) i od żądanej wartość rezystancji.

2 Przewód uziemiający
Przewód zapewniający połączenie z uziomem, zwykle nieizolowany, wykonany z drutu miedzianego o minimalnym przekroju 25 mm^2 lub ze stalowego ocynkowanego o minimalnym przekroju 50 mm^2.

3 Złącze kontrolne
Urządzenie przyłączone do przewodu uziemiającego. Otwarcie tego urządzenia umożliwia wykonanie pomiaru parametrów uziemienia.

4 Główny zacisk uziemienia
Połączenie elektryczne między obwodem uziemiającym a główną szyną wyrównawczą. Może być integralną częścią głównego połączenia wyrównawczego lub złącza kontrolnego.

5 Główna szyna wyrównawcza
Główna szyna wyrównawcza znajduje się zawsze na początku instalacji lub w punkcie wejścia do każdego budynku. Łączy wszystkie przewody uziemiające, przewody połączeń wyrównawczych i przewody ochronne.

6 Główne połączenie wyrównawcze
Łączy wszystkie metalowe elementy konstrukcji, trasy kablowe, konstrukcje szkieletową budynku z główną szyną wyrównawczą. Przekrój tego przewodu musi być taki sam jak przekrój głównego przewodu ochronnego i wynosi minimum 6 mm^2 (10 mm^2 w przypadku przewodów aluminiowych) i maksymalnie 25 mm^2 (35 mm^2 w przypadku przewodów aluminiowych).

7 Główne połączenie wyrównawcze
Łączy elementy przewodzące znajdujące się w pobliżu rozdzielni głównej z głównym zaciskiem przewodów ochronnych. Przekrój tego przewodu musi być taki sam jak przekrój głównego przewodu ochronnego i wynosi minimum 6 mm^2 (10 mm^2 w przypadku przewodów aluminiowych) i maksymalnie 25 mm^2 (35 mm^2 w przypadku przewodów aluminiowych).

8 Główny przewód ochronny
Przewód łączący główną szynę wyrównawczą z głównym zaciskiem przewodów ochronnych. Dobór przekroju został przedstawiony w tym rozdziale (dobór lub obliczanie).

9 Główny zacisk przewodów ochronnych
Znajduje się w rozdzielni głównej nN. Zasady doboru zostały przedstawione w tym rozdziale.

10 Przewody ochronne obwodów
Są dobierane w zależności od natężenia prądu każdego obwodu odbiorczego, zgodnie z regułami podanymi w tym rozdziale.

11 Dodatkowe połączenia wyrównawcze
Zapewniają ciągłość obwodów ochronnych:
a) między częściami przewodzącymi (masami). Ich przekrój musi być co najmniej równy najmniejszemu przekrojowi przewodów ochronnych łączonych części przewodzących dostępnych,
b) między częściami przewodzącymi dostępnymi a elementami przewodzącymi. Ich przekrój musi być co najmniej równy połowie przekroju przewodu ochronnego.
Uwaga: W obu przypadkach wymagany minimalny przekrój wynosi 2,5 mm^2, jeśli połączenie jest zabezpieczane mechanicznie (w obudowie, w listwie lub w osłonie), i 4 mm^2, jeśli jest brak takiego zabezpieczenia (przewód elastyczny). Te zasady należy stosować do zdejmowalnych boków i drzwi rozdzielnic XL^3, gdy nie są do nich przymocowane żadne aparaty. Jeśli są na nich zamontowane aparaty lub jeśli istnieje ryzyko porażenia przy dotyku pośrednim (przejścia dla dźwigni sterowania pośredniego, brak osłon), wówczas najlepszym rozwiązaniem jest zastosowanie przewodów ekwipotencjalnych (plecionka z zaciskami) produkcji Legrand.

^ Dobre połączenie mas: osłona przez zastosowanie obejm zamontowanych na uchwytach OMEGA (nr ref. 0364 69) obwody są odpowiednio oznaczone przy pomocy listew zaciskowych Viking.

12 Miejscowe połączenie wyrównawcze
Jeśli w układzie sieci TN lub IT długość obwodów powyżej obwodów końcowych nie jest znana lub jest zbyt duża, wykonuje się miejscowe połączenie wyrównawcze na poziomie każdej rozdzielnicy, która zasila obwody końcowe. Przekrój przewodu tego połączenia musi być co najmniej równy połowie przekroju przewodu ochronnego, który zasila rozdzielnicę i musi wynosić minimalnie 6 mm² (10 mm² w przypadku przewodów aluminiowych) i maksymalnie 25 mm² (35 mm² w przypadku przewodów aluminiowych).

13 Przewód ochronny transformatora SN/nN
Przekrój tego przewodu określa się w zależności od mocy transformatora i czasu reakcji zabezpieczenia SN. W praktyce przekrój tego przewodu jest taki sam jak przekrój głównego przewodu ochronnego.

14 Przewód mas SN
Jeśli instalacja jest zasilana ze stacji, przekrój tego przewodu musi wynosić 25 mm² (35 mm² w przypadku przewodu aluminiowego). W przypadku innego sposobu zasilania przekrój tego przewodu należy obliczyć.

15 Uziemienie ochronników
Uziemienie ochronników odprowadza prądy pochodzące z przepięć w wyniku zadziałania ochronników. Te przewody powinny być jak najkrótsze i muszą służyć wyłącznie do tego celu. Minimalny przekrój tego przewodu jest dobierany w zależności od zaleceń producenta: zwykle od 4 do 16 mm².

16 Przewód uziemiający funkcjonalny
Zapewnia uziemienie z przyczyn funkcjonalnych lub z konieczności eliminacji zakłóceń. Kolorystykę żółto-zieloną tych przewodów należy stosować tylko wtedy, gdy przewód ten spełnia również funkcję przewodu ochronnego.

17 Połączenie wyrównawcze urządzeń nieuziemionych
Specjalnie wykonywane połączenie dla niektórych bardzo specyficznych zastosowań w środowisku izolowanym (np. stanowiska, na których wykonuje się próby elektryczne). Wszystkie części przewodzące dostępne powinny być połączone ze sobą. Przekroje przewodów powinny być takie same jak dla połączeń wyrównawczych dodatkowych.

18 Połączenie mas (połączenie części przewodzących dostępnych)
Wykonywane jest jako:
- połączenie wyłącznie funkcjonalne: wyrównuje potencjały sąsiednich mas (masy układów elektronicznych). Przekrój tego przewodu jest dobierany w zależności od rzeczywistej wartości prądu.
- połączenie zapewniające kompatybilność elektromagnetyczną: dobiera się jak najkrótsze i jak najszersze przewody, aby zmniejszyć impedancję przy dużej częstotliwości.

19 Urządzenia II klasy ochronności
Elementy przewodzące dostępne tych urządzeń nie mogą być połączone z przewodem ochronnym.

^ Podłączenie przewodów ochronnych za pomocą złączek Viking w kolorze żółto-zielonym: szyna służy jako kolektor (patrz str. 69).

^ Przewody masy wykonane z oplotów o nr. ref. 0347 97 (30 mm²).

Dobór przekrojów przewodów i zabezpieczeń

Zabezpieczenie przed przeciążeniem ..... str. 266

Sprawdzanie spadków napięć ..... str. 280

Zabezpieczenie przed zwarciem ..... str. 284

Zabezpieczenie przed porażeniem przy dotyku pośrednim ..... str. 292

Obliczanie prądów zwarciowych – przykłady obliczeń ..... str. 302

Odpowiedni dobór przekrojów przewodów i kabli w instalacji oraz parametrów aparatów zabezpieczających gwarantuje podstawowe zabezpieczenie instalacji.
Są to:
- zabezpieczenie przed przeciążeniem,
- ograniczenia spadków napięcia,
- zabezpieczenie przed prądami zwarciowymi,
- sprawdzanie ograniczeń termicznych,
- zabezpieczenie przed porażeniem przy dotyku pośrednim.

Zaprojektowanie instalacji wymaga wykonania wielu żmudnych, złożonych i długich obliczeń, dlatego stale tworzono nowe narzędzia, które miały ułatwić tę pracę (wykresy, tablice), a obecnie programy informatyczne umożliwiające łatwe i szybkie uzyskanie dokładnych wyników.
Nie negując tych osiągnięć, należy jednak stwierdzić, że im bardziej te narzędzia są rozbudowane, tym mniej wiemy, jak działają zabezpieczenia. Przypomina to trochę otwieranie maski w nowoczesnych samochodach.
Dlatego na kolejnych stronach przypomnimy podstawowe zasady doboru przekroju przewodów, tras kablowych oraz zabezpieczeń (przed przeciążeniami, spadkami napięć, zwarciami i porażeniem przy dotyku pośrednim) – w zależności od parametrów instalacji: fizycznych (rodzaju przewodów, warunków ich układania, temperatury, długości linii itp.) i elektrycznych (mocy, spodziewanego zwarcia, prądów użytkowych itp.).

Dla każdego parametru podano przykłady doboru. Sposoby obliczania prądów zwarciowych na wszystkich poziomach instalacji przedstawiono w rozdziale II.A.5.

Zasady doboru i wykonania instalacji są opisane w normie PN-IEC 60364.

Zabezpieczenie przed przeciążeniem

Przepływ prądu elektrycznego w przewodzie powoduje jego grzanie, które jest proporcjonalne do kwadratu natężenia prądu (efekt Joule'a). Wychodząc z tego założenia, należy określić prąd dopuszczalny I_z przewodu w zależności od jego przekroju, rodzaju, warunków instalowania (sposobów układania). Te wstępne ustalenia umożliwią następnie dobranie odpowiednich zabezpieczeń przed przeciążeniem.

Rzeczywisty prąd użytkowy I_B nie może być większy od prądu znamionowego I_n (lub nastawy I_r) aparatu zabezpieczającego, którego wartość nie może przekraczać wartości dopuszczalnego prądu I_z instalacji. W przypadku zabezpieczeń topikowych wartość I_z jest pomniejszana o współczynnik R.

Należy przestrzegać następujących założeń: $I_B \leq I_n \leq R \times I_z$, gdzie:
R = 1 dla wyłączników,
R = 0,75 dla wkładek topikowych gG <16 A,
R = 0,9 dla wkładek topikowych gG ≥16 A.

W przypadku wyłączników z możliwością regulacji zaleca się, aby wartość I_z była większa niż wartość prądu znamionowego I_n aparatu. Wówczas nieodpowiednia nastawa termiczna I_r oraz zwiększenie prądu użytkowego I_B nie będą niebezpieczne.

Strefy obciążenia instalacji

Wartość I_n (I_r) powinna znaleźć się w strefie zielonej.

W strefie czerwonej instalacja jest przeciążona.

Gdy prąd zadziałania zabezpieczenia znajduje się w strefie pomarańczowej, istnieje ryzyko niezamierzonego wyłączenia.

Wartość I_z to maksymalne natężenie prądu, jakie może przepływać w instalacji bez jej uszkodzenia.

OKREŚLANIE RZECZYWISTEGO PRĄDU UŻYTKOWEGO I_B

Dokładna analiza wszystkich zastosowań, a przede wszystkim znajomość rzeczywistej mocy każdego odbiornika, nie zawsze jest oczywista, dlatego w praktyce stosuje się współczynniki bezpieczeństwa (zwykle szacunkowe) aby uniknąć niedoszacowania instalacji:
- nie należy przekraczać wartości 80% (x0,8) teoretycznego obciążenia obwodów (chwilowe przeciążenie, nieprzewidziana rozbudowa instalacji, anormalna temperatura otoczenia mogą mieć swoje konsekwencje),
- nie należy przyjmować współczynnika pomniejszającego czas działania, bo warunki działania i układ instalacji mogą się zmienić,
- należy uwzględnić ewentualną rozbudowę instalacji (zaleca się uwzględnienie 20% rezerwy); w przypadku obwodów oświetleniowych i silników należy stosować współczynnik powiększający, który podano w normie IEC 60364 oraz w dokumentach do niej dołączonych,
- należy użyć większego współczynnika dla obwodów zasilających baterie kondensatorów (patrz str. 35).

Przykład obliczeń obwodu zasilającego oprawy świetlówek fluorescencyjnych

Moc jednej oprawy świetlówkowej 2 x 36 W skompensowanej powinna wynosić:
2 x 36 x 1,8 = 130 W.
Wyłącznik nadprądowy S 300 20 A teoretycznie umożliwia zabezpieczenie:

$$\frac{20(A) \times 230(V)}{130(W)} \approx 35 \text{ opraw oświetl.}$$

Liczbę tę należy zmniejszyć do 28, stosując współczynnik 80%.

Metoda obliczania maksymalnego prądu użytkowego opiera się na znajomości mocy wszystkich obwodów użytkowych, dla których stosuje się różne współczynniki.
Współczynniki pomniejszające:
- **współczynnik jednoczesności związany z ilością obwodów (np. obwodów gniazd),**
- **współczynnik użytkowania (lub obciążenia), który zwykle wynosi od 0,7 do 0,8.**

Współczynniki powiększające:
- **współczynnik związany z wydajnością lub z mniejszym cos φ (lampy fluorescencyjne) i z przetężeniami (rozruch silników),**
- **współczynnik uwzględniający ewentualną rozbudowę instalacji.**

OBLICZANIE PRZEKROJU PRZEWODÓW

Przekrój przewodu jest określany na podstawie znajomości maksymalnego dopuszczalnego prądu I_z instalacji, który z kolei określa się na podstawie analizy przewodów i ich warunków użytkowania.
Norma IEC 60364-5-52 podaje sposoby obliczeń wartości prądów zgodnie z głównymi założeniami eksploatacyjnymi instalacji i zapewnieniem bezpieczeństwa ludzi.
Tabela dopuszczalnych prądów (str. 277) umożliwia dobranie przekroju przewodów w zależności od:
- rodzaju przewodu,
- sposobu ułożenia przewodów (metoda odniesienia),
- dopuszczalnego, teoretycznego prądu I_z (I_{zth}).

I_{zth} oblicza się, stosując wszystkie współczynniki korekcyjne f w odniesieniu do wartości prądu użytkowego I_B. Współczynniki f zależą od sposobu układania przewodów, sposobu ich grupowania, temperatury itp.

$$I_B = I_{zth} \times f \quad \text{stąd} \quad I_{zth} = \frac{I_B}{f}$$

Zabezpieczenie przed przeciążeniem (ciąg dalszy)

Parametry przewodów

Należy wziąć pod uwagę następujące elementy:
- rodzaj żył (miedziane lub aluminiowe),
- rodzaj izolacji, która określa maksymalną dopuszczalną temperaturę działania; PR to oznaczenie izolacji, która nie traci swoich własności do temperatury 90°C (EPR, PRC itp.), PCV – do temperatury 70°C (patrz parametry przewodów – str. 490).

Ilość obciążonych żył:
- 3 w instalacji trójfazowej,
- 3 w instalacji trójfazowej z prowadzonym przewodem neutralnym,
- 2 w instalacji dwufazowej,
- 2 w instalacji jednofazowej (faza + przewód neutralny).

Przykład: Przewód trójfazowy w izolacji PCV, który ma 3, 4 lub 5 żył, oznacza się jako PCV 3.

Fragment tabeli dopuszczalnych prądów

Metoda odniesienia		Rodzaj izolacji i liczba obciążon							
B		PVC 3	PVC 2		PR 3		PR 2		
C			PVC 3		PVC 2	PR 3		PR 2	
D									
E				PVC 3		PVC 2	PR 3		PR 2
F					PVC 3		PVC 2	PR 3	
Przewody miedziane – przekrój (mm²)	1,5	15,5	17,5	18,5	19,5	22	23	24	26
	2,5	21	24	25	27	30	31	33	36
	4	28	32	34	36	40	42	45	49
	6	36	41	43	48	51	54	58	63
	10	50	57	60	63	70	75	80	86
	16	68	76	80	85	94	100	107	115
	25	89	96	101	112	119	127	138	149
	35	110	119	126	138	147	158	169	185
	50	134	144	153	168	179	192	207	225
	70	171	184	196	213	229	246	268	289
	95	207	223	238	258	278	298	328	352
	120	239	259	276	299	322	346	382	410
	150		299	319	344	371	395	441	473

$I_z \geq I_{zth}$

Dopuszczalny prąd I_z przy znormalizowanym przekroju musi być dobierany dla następnej wartości, wyższej od teoretycznie dobranej wartości I_{zth}.

Mimo że norma PN-IEC 60364 nie przewiduje określania przekrojów przewodów w zestawach rozdzielnic (np. w rozdzielnicach nN), w komentarzach do niej znaleźć można sposób obliczania przekrojów przewodów w zależności od sposobu ich układania.
Norma EN 60439-1 na podstawie przeprowadzanych badań nagrzewania określa prądy przewodów miedzianych w izolacji PCV. Odpowiednia tabela znajduje się na str. 277.

Sposoby układania przewodów i kabli

Norma określa pewną liczbę sposobów układania kabli i przewodów, które najczęściej stosuje się w różnych rodzajach instalacji:
- układanie luzem,
- układanie w listwach lub kanałach,
- układanie pod tynkiem,
- układanie w ziemi.

W zależności od przyjętego sposobu układania, tabele pokazują odpowiednie metody (B, C, D, E, F) odniesienia (biorąc pod uwagę dopuszczalne prądy) oraz ewentualny współczynnik korekcyjny związany ze sposobem układania.

Jeżeli sposób ułożenia kabla lub przewodu zmienia się w obrębie jednej trasy, dopuszczalny prąd należy obliczyć dla najbardziej niekorzystnej jej części.
W przypadku prowadzenia kabli i przewodów luzem nie bierze się pod uwagę ich przejścia w listwie o długości do 1 m oraz przejścia pod tynkiem na długości 0,20 m.

Kable i przewody prowadzone luzem

Numer sposobu układania	Przykład	Opis	Metoda odniesienia	Współczynnik korekcyjny	Odniesienie do tabeli współczynników (patrz str. 273, 274, 275)		
					Grupy	Warstwy	Rurki i listwy
11		Kable jedno- lub wielożyłowe, z osprzętem lub nie, mocowane na ścianie	C	1	T1, D2	T2	-
11A		Kable jedno- lub wielożyłowe, z osprzętem lub nie, mocowane na suficie	C	0,95	T1, D3	T2	-
12		Kable jedno- lub wielożyłowe w nieperforowanych korytkach	C	1	T1, D2	T2	-
13		Kable wielożyłowe w perforowanych korytkach	E	1	T1, D4	T2	-
13A		Kable jednożyłowe w perforowanych korytkach	F	1	T1, D4	T2	-
14		Kable wielożyłowe na wspornikach tras kablowych wykonanych ze spawanych kratownic	E	1	T1, D5	T2	-
14A		Kable jednożyłowe na wspornikach tras kablowych wykonanych ze spawanych kratownic	F	1	T1, D5	T2	-
16		Kable wielożyłowe na drabinkach kablowych	E	1	T1, D5	T2	-
16A		Kable jednożyłowe na drabinkach kablowych	F	1	T1, D5	T2	-
17		Kable wielożyłowe na linkach nośnych	E	1	T1, D5	T2	-
17A		Kable jednożyłowe na linkach nośnych	F	1	T1, D5	T2	-
18		Przewody gołe lub izolowane na izolatorach	C	1,21	-	-	-
25		Kable jedno- lub wielożyłowe: - w sufitach podwieszanych - w sufitach podwieszanych niedemontowalnych	B	0,95	T1, D1	-	-

Zabezpieczenie przed przeciążeniem (ciąg dalszy)

Kable i przewody w rurkach lub listwach prowadzone luzem							
Numer sposobu układania	Przykład	Opis	Metoda odniesienia	Współczynnik korekcyjny	Odniesienie do tabeli współczynników (patrz str. 273, 274, 275)		
					Grupy	Warstwy	Rurki i listwy
3		Przewody izolowane w rurkach, montaż prowizoryczny	B	1	T1, D1	-	T5
3A		Kable jedno- lub wielożyłowe w rurkach, montaż prowizoryczny	B	0,9	T1, D1	-	T5
4		Przewody izolowane w listwach, montaż prowizoryczny	B	1	T1, D1	-	T5
4A		Kable jedno- lub wielożyłowe w listwach, montaż prowizoryczny	B	0,9	T1, D1	-	T5
31		Przewody izolowane w listwach przymocowanych poziomo do ścianek	B	1	T1, D1	-	-
31A		Kable jedno- lub wielożyłowe w listwach przymocowanych poziomo do ścianek	B	0,9	T1, D1	-	-
32		Przewody izolowane w listwach przymocowanych pionowo do ścianek	B	1	T1, D1	-	-
32A		Kable jedno- lub wielożyłowe w listwach przymocowanych pionowo do ścianek	B	0,9	T1, D1	-	-
34		Przewody izolowane w kanałach podwieszanych	B	1	T1, D1	-	-
34A		Kable jedno- lub wielożyłowe w kanałach podwieszanych	B	0,9	T1, D1	-	-
71		Przewody izolowane w drewnianych listwach	B	1	T1, D1	-	-
73		Przewody izolowane lub wielożyłowe w ościeżnicach drzwi	B	1	-	-	-
73A		Kable wielożyłowe w ościeżnicach drzwi	B	0,9	-	-	-
74		Przewody izolowane lub wielożyłowe w ościeżnicach okiennych	B	1	-	-	-
74A		Kable wielożyłowe w ościeżnicach okiennych	B	0,9	-	-	-

Kable i przewody prowadzone pod tynkiem (w rurkach lub bez rurek)

Numer sposobu układania	Przykład	Opis	Metoda odniesienia	Współczynnik korekcyjny	Odniesienie do tabeli współczynników (patrz str. 273, 274, 275)		
					Grupy	Warstwy	Rurki i listwy
1		Przewody izolowane w rurkach pod tynkiem, w przegrodach izolowanych termicznie	B	0,77	T1, D1	-	T5
2		Kable wielożyłowe w rurkach pod tynkiem, w przegrodach izolowanych termicznie	B	0,7	T1, D1	-	T5
5		Przewody izolowane w rurkach pod tynkiem, w przegrodach	B	1	T1, D1	-	T6
5A		Kable jedno- lub wielożyłowe w rurkach pod tynkiem, w przegrodach	B	0,9	T1, D1	-	T6
21		Kable jedno- lub wielożyłowe w pustych przestrzeniach konstrukcyjnych	B	0,95	T1, D1	-	-
22		Przewody izolowane w rurkach, w pustych przestrzeniach konstrukcyjnych	B	0,95	T1, D1	-	T5
22A		Kable jedno- lub wielożyłowe w rurkach, w pustych przestrzeniach konstrukcyjnych	B	0,865	T1, D1	-	T5
23		Przewody izolowane w listwach zamkniętych, w pustych przestrzeniach konstrukcyjnych	B	0,995	T1, D1	-	T5
23A		Kable jedno- lub wielożyłowe w listwach zamkniętych, w pustych przestrzeniach konstrukcyjnych	B	0,865	T1, D1	-	T5
24		Przewody izolowane w listwach zamkniętych, zalane w konstrukcji	B	0,95	T1, D1	-	T6
24A		Kable jedno- lub wielożyłowe w listwach zamkniętych, zalane w konstrukcji	B	0,865	T1, D1	-	T6
25		Kable jedno- lub wielożyłowe: - w sufitach podwieszanych - w sufitach podwieszanych bez możliwości demontażu	B	0,95	T1, D1	-	-

Zabezpieczenie przed przeciążeniem (ciąg dalszy)

Kable i przewody prowadzone pod tynkiem (w rurkach lub bez rurek) – ciąg dalszy							
Numer sposobu układania	Przykład	Opis	Metoda odniesienia	Współczynnik korekcyjny	Odniesienie do tabeli współczynników (patrz str. 273, 274, 275)		
					Grupy	Warstwy	Rurki i listwy
33		Przewody izolowane w listwach, pod tynkiem, w podłodze	B	1	T1, D1	-	-
33A		Kable jedno- lub wielożyłowe w listwach, pod tynkiem, w podłodze	B	0,9	T1, D1	-	-
41		Przewody izolowane w rurkach lub kable jedno- lub wielożyłowe w zamkniętych trasach kablowych, w pionie lub w poziomie	B	0,95	T1, D1	-	T5
42		Przewody izolowane w rurkach i w otwartych lub wentylowanych trasach kablowych	B	1	T1, D1	-	T5
43		Kable jedno- lub wielożyłowe w otwartych lub wentylowanych trasach kablowych	B	1	T1, D1	-	-

Kable prowadzone w ziemi							
Numer sposobu układania	Przykład	Opis	Metoda odniesienia	Współczynnik korekcyjny	Odniesienie do tabeli współczynników (patrz str. 273, 274, 275)		
					Grupy	Warstwy	Rurki i listwy
61		Kable jedno- lub wielożyłowe w rurach prostych lub profilowanych, w ziemi	D	0,8	T3	-	T7
62		Kable jedno- lub wielożyłowe w ziemi, bez dodatkowej osłony mechanicznej	D	1	T4	-	-
63		Kable jedno- lub wielożyłowe w ziemi, z dodatkową osłoną mechaniczną	D	1	T4	-	-

Grupowanie obwodów

Tabele przedstawiające sposoby układania kabli (str. 269-272) odsyłają do specjalnych tablic, które podają współczynniki korekcyjne związane z grupowaniem przewodów i sposobem prowadzenia:
- tabela T1: współczynniki korekcyjne w przypadku grupowania kilku kabli/przewodów jedno- i wielożyłowych,
- tabela T2: współczynniki korekcyjne przy układaniu kilku warstw kabli/przewodów,
- tabela T3: współczynniki korekcyjne w przypadku kilku kabli/przewodów układanych w jednej rurze w ziemi,
- tabela T4: współczynniki korekcyjne w przypadku grupowania kilku kabli układanych w ziemi,
- tabela T5: współczynniki korekcyjne w zależności od liczby obwodów układanych w rurkach/listwach i sposobu ich ułożenia,
- tabela T6: współczynniki korekcyjne w zależności od liczby obwodów układanych w rurkach/listwach zalanych w betonie i sposobu ich ułożenia,
- tabela T7: współczynniki korekcyjne dla obwodów w rurach prowadzonych w ziemi, niestykających się.

W przypadku grupowania obwodów, współczynniki korekcyjne stosuje się jedynie dla obwodów normalnie obciążonych:
>30% dopuszczalnego prądu dla metod B i D,
>70% dla metod C, E i F.
Nie uwzględniono tu przewodów używanych do sterowania i sygnalizacji.

T1 – Współczynniki korekcyjne w przypadku grupowania kilku kabli/przewodów wielożyłowych i jednożyłowych

Sposób ułożenia kabli/przewodów stykających się ze sobą(1)	Ilość kabli/przewodów											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
D1: Zamknięte	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50	0,45	0,40	0,40
D2: Pojedyncza warstwa na ścianach lub na podłogach lub na perforowanym wsporniku	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	Brak współczynnika redukcji powyżej 9 kabli/przewodów		
D3: Pojedyncza warstwa na suficie	1,00	0,85	0,76	0,72	0,69	0,67	0,66	0,65	0,64			
D4: Pojedyncza warstwa na wspornikach perforowanych poziomych lub pionowych	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72			
D5: Pojedyncza warstwa na drabinkach kablowych, kratownicach itp.	1,00	0,88	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78			

(1) Kable uważa się za stykające się ze soba, jeżeli odległość, która je dzieli, nie jest większa niż podwojona średnica najgrubszego kabla.

T2 – Współczynniki korekcyjne przy układaniu kilku warstw kabli/przewodów

Ilość warstw	2	3	4 lub 5	6-8	≥9
Współczynnik	0,80	0,73	0,70	0,68	0,66

T3 – Współczynniki korekcyjne w przypadku kilku kabli/przewodów prowadzonych w jednej rurze w ziemi

Ilość kabli/przewodów jednożyłowych	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
Współczynnik	1,00	0,71	0,58	0,50	0,45	0,41	0,38	0,35	0,30	0,29	0,25	0,22

Zabezpieczenie przed przeciążeniem (ciąg dalszy)

T4 – Współczynniki korekcyjne w przypadku grupowania kilku kabli układanych bezpośrednio w ziemi. Kable jednożyłowe lub wielożyłowe, układane poziomo lub pionowo

Liczba kabli lub obwodów	Odległość „a" między kablami lub zestawami 3 kabli jednożyłowych				
	a = 0	1 średnica kabla	0,25 m	0,50 m	1,0 m
2	0,76	0,79	0,84	0,88	0,92
3	0,64	0,67	0,74	0,79	0,85
4	0,57	0,61	0,69	0,75	0,82
5	0,52	0,56	0,65	0,71	0,80
6	0,49	0,53	0,60	0,69	0,78

Kable wielożyłowe

Kable jednożyłowe

T5 – Współczynniki korekcyjne w zależności od liczby obwodów układanych w rurach/listwach i sposobu ich ułożenia

Liczba obwodów ułożonych pionowo	Liczba obwodów ułożonych poziomo					
	1	2	3	4	5	6
1	1,00	0,94	0,91	0,88	0,87	0,86
2	0,92	0,87	0,84	0,81	0,80	0,79
3	0,85	0,81	0,78	0,76	0,75	0,74
4	0,82	0,78	0,74	0,73	0,72	0,72
5	0,80	0,76	0,72	0,71	0,70	0,70
6	0,79	0,75	0,71	0,70	0,69	0,68

T6 – Współczynniki korekcyjne w zależności od liczby obwodów układanych w rurach/listwach zalanych w betonie i sposobu ich ułożenia

Liczba obwodów ułożonych pionowo	Liczba obwodów ułożonych poziomo					
	1	2	3	4	5	6
1	1	0,87	0,77	0,72	0,68	0,65
2	0,87	0,71	0,62	0,57	0,53	0,50
3	0,77	0,62	0,53	0,48	0,45	0,42
4	0,72	0,57	0,48	0,44	0,40	0,38
5	0,68	0,53	0,45	0,40	0,37	0,35
6	0,65	0,50	0,42	0,38	0,35	0,32

T7 – Współczynniki korekcyjne dla obwodów w rurach ułożonych w ziemi poziomo lub pionowo – dla jednego przewodu wielożyłowego lub zestawu 3 kabli jednożyłowych w jednej rurze

Liczba rur	Odległość „a" między rurami			
	a = 0	0,25 m	0,50 m	1,0 m
2	0,87	0,93	0,95	0,97
3	0,77	0,87	0,91	0,95
4	0,72	0,84	0,89	0,94
5	0,68	0,81	0,87	0,93
6	0,65	0,79	0,86	0,93

Kable wielożyłowe

Kable jednożyłowe

Temperatura otoczenia

Temperatura otoczenia ma bezpośredni wpływ na dobór przekroju przewodów.
Należy brać pod uwagę temperaturę w bezpośrednim otoczeniu kabli (w przypadku układania ich luzem) oraz temperaturę podłoża (w przypadku układania ich w ziemi).
Tabele T8 dla kabli układanych luzem i T9 dla kabli układanych w ziemi podają współczynniki redukcyjne, jakie należy uwzględnić – zależą one od temperatury otoczenia i rodzaju przewodu.
Temperatury, dla których nie stosuje się żadnych współczynników, to 30°C dla kabli układanych luzem i 20°C dla kabli układanych w ziemi.
W przypadku kabli układanych w ziemi należy wziąć pod uwagę rezystywność termiczną gruntu.
Wartości współczynników korekcyjnych podano w tabeli T10.

T8 – Współczynniki korekcyjne temperatury otoczenia – dla kabli układanych luzem

Temperatura otoczenia (°C)	Rodzaje izolacji		
	Kauczukowa	PCV	PR
15	1,22	1,17	1,12
25	1,15	1,12	1,08
30	1,07	1,06	1,04
35	0,93	0,94	0,96
40	0,82	0,87	0,91
45	0,71	0,79	0,87
50	0,58	0,71	0,82
55		0,61	0,76
60		0,50	0,71
65			0,65
70			0,58
75			0,50
80			0,41

W tabeli T8 nie uwzględniono wpływu bezpośredniego promieniowania słonecznego. Jeśli chce się wziąć pod uwagę ten czynnik, należy zastosować dodatkowy współczynnik redukcyjny 0,85.

Nie należy mylić temperatury w otoczeniu kabli z temperaturą uwzględnianą przy dobieraniu aparatów zabezpieczających – chodzi tu o temperaturę wewnątrz obudowy, w której zamontowane są te zabezpieczenia.

T9 – Współczynniki korekcyjne dla temperatur gruntu (innych niż 20°C)

Temperatura gruntu (°C)	Rodzaj izolacji	
	PCV	PR
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65		0,60
70		0,53
75		0,46
80		0,38

T10 – Współczynniki korekcyjne dla kabli układanych w ziemi w zależności od rezystywności gruntu

Rezystywność termiczna gruntu (km/W)	Współczynnik korekcyjny	Obserwacje			
		Wilgotność	Rodzaj gruntu		
0,40	1,25	Kable zanurzone	Bagna		
0,50	1,21	Tereny bardzo willgotne	Piasek		
0,70	1,13	Tereny wilgotne			
0,85	1,05	Tereny tzw. normalne			
1,00	1,00	Tereny suche		Glina i wapień	
1,20	0,94				
1,50	0,86	Tereny bardzo suche			
2,00	0,76				Popiół i żużel
2,50	0,70				
3,00	0,65				

Zabezpieczenie przed przeciążeniem (ciąg dalszy)

Ryzyko wybuchu

W instalacjach zagrożonych wybuchem (przetwarzanie, składowanie materiałów wybuchowych lub posiadających niską temperaturę zapłonu, również obecność wybuchowego kurzu) stosuje się odpowiednie zabezpieczenie mechaniczne, a dopuszczalny prąd I_z zmniejsza się o 15%.

Przewody układane równolegle

W przypadku ułożenia przewodów zgodnego z zasadami ich grupowania, dopuszczalny prąd instalacji jest równy sumie dopuszczalnych natężeń wszystkich przewodów, do których stosuje się współczynniki korekcyjne związane z grupowaniem przewodów (tabele T1 do T7). Jeśli nie można spełnić warunków symetrii, zwłaszcza przy układaniu kabli warstwowo, przy dopuszczalnym prądzie I_z należy stosować dodatkowy współczynnik redukcyjny (fs = 0,8).

Ogólny współczynnik korekcyjny

Kiedy znane są wszystkie specjalne współczynniki korekcyjne, można obliczyć ogólny współczynnik korekcyjny f, obliczając teoretyczny, dopuszczalny prąd I_{zth} instalacji:

$$I_{zth} = \frac{I_B}{f}$$

Znajomość I_{zth} pozwala skorzystać z tablic, które podają dopuszczalny prąd (patrz strona obok) i dobrać odpowiedni przekrój. Należy znaleźć kolumny z rodzajem przewodu i odczytać odpowiednią wartość.
Wybiera się z tablicy następną wartość dopuszczalnego prądu, która jest większa od wartości I_{zth}, aby dobrać odpowiedni przekrój.

Dopuszcza się 5% tolerancji na wartości I_z, np. dla prądu użytkowego I_B o wartości 140 A dobiera się przewód o przekroju 35 mm² i dopuszczalnym prądzie 169 A. Zachowując dopuszczalną tolerancję, można dobrać przewód o mniejszym przekroju – 25 mm² i dopuszczalnym prądzie 145 A (138 + 0,5% = 145 A).

Przekrój przewodu neutralnego

Istnieje zasada, że przewód neutralny powinien mieć ten sam przekrój co przewód fazowy we wszystkich obwodach jednofazowych. W obwodach trójfazowych o przekroju powyżej 16 mm² – Cu (25 mm² – Al) przekrój przewodu neutralnego można zmniejszyć do S/2. Nie można zmniejszyć przekroju przewodu neutralnego, jeśli:
- obciążenia nie są zrównoważone,
- poziom prądów 3 harmonicznej jest wyższy niż 15%.

Jeżeli poziom harmonicznych wynosi powyżej 33%, przekrój żył czynnych w kablach wielożyłowych dobiera się, powiększając prąd I_B o współczynnik 1,45. W przypadku kabli jednożyłowych zwiększa się jedynie przekrój przewodu neutralnego (patrz str. 31 – „3 harmoniczna”).

Gdy przewód neutralny jest obciążony, stosuje się współczynnik redukcji 0,84 dla dopuszczalnego prądu kabli trój- lub czterożyłowych.

Tabela dopuszczalnych prądów w instalacji (w A)

Metody odniesień		Rodzaj izolacji i liczba obciążonych żył												
B		PVC 3	PVC 2		PR 3		PR 2							
C			PVC 3		PVC 2	PR 3		PR 2						
D											PVC 3	PVC 2	PR 3	PR 2
E				PVC 3		PVC 2	PR 3		PR 2					
F					PVC 3		PVC 2	PR 3		PR 2				
Przewody miedziane – przekrój (mm²)	1,5	15,5	17,5	18,5	19,5	22	23	24	26		26	32	31	37
	2,5	21	24	25	27	30	31	33	36		34	42	41	48
	4	28	32	34	36	40	42	45	49		44	54	53	63
	6	36	41	43	48	51	54	58	63		56	67	66	80
	10	50	57	60	63	70	75	80	86		74	90	87	104
	16	68	76	80	85	94	100	107	115		96	116	113	136
	25	89	96	101	112	119	127	138	149	161	123	148	144	173
	35	110	119	126	138	147	158	169	185	200	147	178	174	208
	50	134	144	153	168	179	192	207	225	242	174	211	206	247
	70	171	184	196	213	229	246	268	289	310	216	261	254	304
	95	207	223	238	258	278	298	328	352	377	256	308	301	360
	120	239	259	276	299	322	346	382	410	437	290	351	343	410
	150		299	319	344	371	395	441	473	504	328	397	387	463
	185		341	364	392	424	450	506	542	575	367	445	434	518
	240		403	430	461	500	538	599	641	679	424	514	501	598
	300		464	497	530	576	621	693	741	783	480	581	565	677
	400					656	754	825		940				
	500					749	868	946		1083				
	630					855	1005	1088		1254				
Przewody aluminiowe – przekrój (mm²)	2,5	16,5	18,5	19,5	21	23	24	26	28					
	4	22	25	26	28	31	32	35	38					
	6	28	32	33	36	39	42	45	49					
	10	39	44	46	49	54	58	62	67		57	68	67	80
	16	53	59	61	66	73	77	84	91		74	88	87	104
	25	70	73	78	83	90	97	101	108	121	94	114	111	133
	35	86	90	96	103	112	120	126	135	150	114	137	134	160
	50	104	110	117	125	136	146	154	164	184	134	161	160	188
	70	133	140	150	160	174	187	198	211	237	167	200	197	233
	95	161	170	183	195	211	227	241	257	289	197	237	234	275
	120	186	197	212	226	245	263	280	300	337	224	270	266	314
	150		227	245	261	283	304	324	346	389	254	304	300	359
	185		259	280	298	323	347	371	397	447	285	343	337	398
	240		305	330	352	382	409	439	470	530	328	396	388	458
	300		351	381	406	440	471	508	543	613	371	447	440	520
	400					526	600	663		740				
	500					610	694	770		856				
	630					711	808	899		996				

Zabezpieczenie przed przeciążeniem (ciąg dalszy)

Przykład doboru

Założenia:

- połączenie trójfazowe między rozdzielnicą główną i obwodową,
- oszacowanie obciążeń umożliwia obliczenie prądu I_B o natężeniu do 600 A,
- instalacja jest wykonana z kabli jednożyłowych, miedzianych w izolacji PR (polipropylen),
- przewody są układane w wiązkach w korytkach perforowanych,
- kable są układane równolegle, aby zmniejszyć jednostkowy przekrój do 150 mm².

Rozwiązanie: Układanie kabli w korytkach perforowanych odpowiada sposobowi ułożenia nr 13A; brak współczynnika redukującego w związku z ułożeniem. Tabela podaje metodę F, a tabela współczynników związanych z grupowaniem obwodów – T1, wiersz D4.

13		Kable wielożyłowe w perforowanych korytkach	E	1	T1, D4	T2	-
13A		Kable jednożyłowe w perforowanych korytkach	F	1	T1, D4	T2	-
14		Kable wielożyłowe na wspornikach tras kablowy-	E	1	T1, D5	T2	-

W tym przykładzie jest tylko jeden obwód:
- jeżeli wystarcza jeden przewód na fazę, nie stosuje się współczynnika korygującego,
- jeżeli używa się dwóch przewodów na fazę (preferowane ułożenie równoległe), stosuje się współczynnik 0,88,

Sposób rozłożenia obwodów lub kabli łączonych(1)	Ilość obwodów lub kabli wielożyłowych									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12
D1: Zamknięte	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50	0,45
D2: Pojedyncza warstwa na ścianach lub na podłogach lub na perforowanym wsporniku	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	
D3: Pojedyncza warstwa na suficie	1,00	0,85	0,76	0,72	0,69	0,67	0,66	0,65	0,64	
D4: Pojedyncza warstwa na wspornikach perforowanych poziomych lub pionowych	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72	
D5: Pojedyncza warstwa na drabinkach kablowych	1,00	0,88	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78	

- teoretyczną wartość I_z oblicza się następująco: $I_{zth} = \frac{I_B}{f} = \frac{600}{0,88} = 682\ A$

- lub dla dwóch przewodów ułożonych równolegle: $\frac{682}{2} = 341\ A$ na przewód.

Odczyt dopuszczalnych prądów z tabeli:
dla przewodu PR 3 – metoda F, dla dopuszczalnej wartości 382 A (następna większa wartość od 341 A) – przekrój 120 mm².

C			PVC 3		PVC 2	PR 3		PR 2						
D											PVC 3	PVC 2	PR 3	PI
E				PVC 3		PVC 2	PR 3		PR 2					
F					PVC 3		PVC 3	PR 3		PR 2				
Przewody miedziane – przekrój (mm²)														
1,5	15,5	17,5	18,5	19,5	22	23	24	26		26	32	31	3
2,5	21	24	25	27	30	31	33	36		34	42	41	4
4	28	32	34	36	40	42	45	49		44	54	53	6
6	36	41	43	48	51	54	58	63		56	67	66	8
10	50	57	60	63	70	75	80	86		74	90	87	1
16	68	76	80	85	94	100	107	115		96	116	113	1
25	89	96	101	112	119	127	138	149	161	123	148	144	1
35	110	119	126	138	147	158	169	185	200	147	178	174	2
50	134	144	153	168	179	192	207	225	242	174	211	206	2
70	171	184	196	213	229	246	268	289	310	216	261	254	3
95	207	223	238	258	278	298	328	352	377	256	308	301	3
120	[illegible]	259	276	299	322	346	382	410	437	290	351	343	4
150		299	319	344	371	395	441	473	504	328	397	387	4

URZĄDZENIA ZABEZPIECZAJĄCE PRZED PRZECIĄŻENIEM

Miejsce instalowania zabezpieczeń

Zabezpieczenia przed prądem przeciążeniowym powinny być usytuowane na początku obwodu oraz w miejscach, w których występuje zmiana:
- przekroju przewodów,
- rodzaju przewodu,
- sposobu ułożenia lub budowy instalacji, jeżeli zmiana ta powoduje zmniejszenie obciążalności prądowej długotrwałej przewodów poprzez pogorszenie warunków chłodzenia.

Można też odstąpić od tej zasady i wybrać inne miejsce instalowania aparatu zabezpieczającego (patrz str. 466), zgodnie z PN-IEC 60364-4-43, PN-IEC 60364-4-473.

Brak zabezpieczenia przed przeciążeniem

Zabezpieczenia przed przeciążeniami nie są wymagane w następujących przypadkach:
- gdy instalacja jest zabezpieczana przed przeciążeniem przez aparat znajdujący się powyżej w instalacji,
- gdy można przypuszczać, że przez instalację nie będą przepływać prądy przeciążeniowe i gdy instalacja nie ma rozgałęzień ani gniazd (w aparaty są wbudowane zabezpieczenia dopasowane do przekrojów przewodów, aparaty stacjonarne nie generują przeciążeń, a ich prąd użytkowania jest kompatybilny z dopuszczalnym prądem obciążenia kabla, instalacją zasilającą kilka zabezpieczonych oddzielnie rozgałęzień i których suma prądów użytkowania jest mniejsza od dopuszczalnego prądu instalacji, instalacje których źródła nie mogą dostarczyć prądu o wartości większej od dopuszczalnego natężenia).

Nie można pominąć zabezpieczeń przed przeciążeniem w układach sieci IT, w instalacjach zagrożonych pożarem oraz takich, w których nie przeprowadzono kompleksowych kontroli instalacji.

Należy pamiętać, że nie trzeba zabezpieczać rozgałęzienia o długości maksymalnie 3 m, pod warunkiem że odcinek ten jest wykonany w sposób, który ogranicza do minimum możliwość powstania zwarcia, i że urządzenie zabezpieczające zostało zainstalowane bezpośrednio przed tym rozgałęzieniem. Taki układ jest stosowany przy oprzewodowaniu rozdzielnicy.

Uwaga: Rezygnacja z zabezpieczenia przed przeciążeniem nie oznacza, że można również zrezygnować z zabezpieczenia przed zwarciem – należy je zapewnić w każdym przypadku. Obwody gniazd prądowych są narażone na przeciążenia, przed którymi muszą być zawsze zabezpieczone.

Zalecenia dotyczące braku zabezpieczenia przed przeciążeniem

W sytuacji gdy istnieje konieczność zachowania ciągłości zasilania, bo wymagają tego względy bezpieczeństwa, ewentualnie gdy otwarcie obwodu niesie ze sobą pewne ryzyko (silniki oddymiania, obwody maszyn, podnośniki), stosowanie aparatów zabezpieczających przed przeciążeniem nie jest zalecane.
W takich przypadkach należy dobrać instalację tak, aby mogła wytrzymać ewentualny prąd przetężeniowy, wynikający z przeciążenia.

Wyłączniki silnikowe M 250 M z wyzwalaczami elektromagnesowymi nie posiadają zabezpieczeń przed przeciążeniem.

Sprawdzanie spadków napięć

Kwestią podstawową przy zapewnianiu jakości dostawy energii jest jej dystrybucja o odpowiednim napięciu. Z tego powodu należy sprawdzać, czy spadki napięć od źródła do jakiegokolwiek punktu instalacji nie przekraczają dopuszczalnych wartości.

Jeżeli spadek napięcia jest większy od dopuszczalnego granicznego, należy zwiększyć przekroje przewodów tak, aby wartość spadku napięcia była niższa. W przypadku gdy długość instalacji przekracza 100 m, dopuszczalne graniczne wartości spadków napięć można zwiększyć o 0,005% na każdy metr powyżej 100 m, ale tak, by ten spadek nie przekroczył 0,5%.

Dopuszczalne graniczne wartości spadku napięcia

Sposób podłączenia	Oświetlenie	Inne zastosowania
Podłączenie do publicznej sieci nN	3%	5%
Podłączenie według miejsc dostawy energii lub do stacji transformatorowej z sieci SN	6%	8%

Wartości te podane są dla warunków normalnego działania; w tabeli nie zostały uwzględnione urządzenia, które mogą generować duże prądy rozruchu i spadki napięć związane z uruchamianiem np. silników.

Obliczanie spadków napięć

$$u = b\left(\rho_1 \times \frac{L}{S} \times \cos\varphi + \lambda \times L \times \sin\varphi\right) I_B$$

gdzie:
u: spadek napięcia (V),
b: współczynnik o wartości 1 dla obwodów trójfazowych i 2 dla obwodów jednofazowych,
ρ_1: rezystancja właściwa materiału przewodów w $\Omega mm^2/m$ (0,023 dla przewodów miedzianych i 0,037 dla przewodów aluminiowych),
L: długość instalacji (m),
S: przekrój przewodów instalacji (mm^2),
λ: reaktancja liniowa przewodów (mΩ/m – 0,08 dla przewodów wielo- lub jednożyłowych lub jednożyłowych połączonych w jednym punkcie galwanicznym, 0,09 dla przewodów jednożyłowych układanych warstwowo i 0,13 dla przewodów jednożyłowych układanych oddzielnie),
cosφ: współczynnik mocy (0,8 jeżeli nie ma odpowiednich danych),
I_B: prąd użytkowy instalacji (A).
Względny spadek napięcia (%) oblicza się w następujący sposób:

$$\Delta u = 100\frac{u}{U_0}$$

u: spadek napięcia (V),
U_0: napięcie między fazą a przewodem neutralnym (V).

Zasilanie silników

W przypadku gdy instalacja zasila silniki, zaleca się sprawdzanie spadków napięć w momencie rozruchu. W tym celu wystarczy zastąpić we wzorze podanym obok prąd I_B prądem rozruchu silnika i zastosować współczynnik mocy przy rozruchu. Gdy nie ma precyzyjnych danych, można przyjąć, że prąd rozruchu wynosi 6 x I_n. Spadek napięcia, przy założeniu że wszystkie silniki mogą ruszyć w jednym czasie, nie powinien przekroczyć 15%. Zbyt duży spadek napięcia może przeszkadzać innym użytkownikom, a także uniemożliwić rozruch silnika.

Spadek napięcia jednostkowego v (w V, dla długości 100 m) można określić na podstawie tabel, w zależności od:
- przekroju (mm²) i rodzaju żyły (aluminiowej lub miedzianej),
- rezystancji liniowej przewodów λ (mΩ/m), która wiąże się z rzeczywistym sposobem ich rozmieszczenia,
- cosφ (1 dla ogrzewania i oświetlenia, 0,85 dla zastosowań mieszanych, 0,35 dla rozruchu silników).

Wartość spadku napięcia w instalacji trójfazowej o długości L (m), po przepływie prądu użytkowego I_B (A) wynosi:
- w woltach:

$$u = \frac{v}{100} \times I_B \times L$$

- w procentach:

$$\Delta u = \frac{v \times I_B \times L}{U_0}$$

gdzie:
U_0 = 230 V w sieci trójfazowej 400 V.
W przypadku instalacji jednofazowej wartości u i Δu należy pomnożyć przez 2 (spadek napięcia w przewodzie „głównym" i przewodzie „powrotnym", przez które przepływa ten sam prąd).

Przykład:
W przykładzie na str. 309 dokładne wyliczenie spadku napięcia dla przewodu „Odpływ 2" daje wynik 4,04 V, czyli względny spadek napięcia o 1,75%.
Taki sam wynik otrzymujemy, używając tablic. Przykład z tabeli obok: dla przekroju przewodu fazowego 70 mm² (miedzianego) i cosφ = 0,85 uzyskujemy wartość 0,032.
Wartość ta jest podawana dla 100 m przewodu, prądu o wartości 1 A. Należy ją pomnożyć przez 250 (I_B = 250 A) i przez 0,5 (50 m przewodu), co daje spadek napięcia bezwzględnego o 4 V i spadek napięcia rzeczywistego o 1,73%.

Przewody wielo- lub jednożyłowe połączone galwanicznie (λ = 0,08 mΩ/m)
Spadek napięcia jednostkowego (V) na 100 m przewodu

Przekrój (mm²)	Trójfazowa Cu (100 m) cosφ			Trójfazowa Al (100 m) cosφ		
	1	0,85	0,35	1	0,85	0,35
1,5	1,533	1,308	0,544	2,467	2,101	0,871
2,5	0,920	0,786	0,329	1,480	1,262	0,525
4	0,575	0,493	0,209	0,925	0,790	0,331
6	0,383	0,330	0,142	0,617	0,528	0,223
10	0,230	0,200	0,088	0,370	0,319	0,137
16	0,144	0,126	0,058	0,231	0,201	0,088
25	0,092	0,082	0,040	0,148	0,130	0,059
35	0,066	0,060	0,030	0,106	0,094	0,044
50	0,046	0,043	0,024	0,074	0,067	0,033
70	0,033	0,032	0,019	0,053	0,049	0,026
95	0,024	0,025	0,016	0,039	0,037	0,021
120	0,019	0,021	0,014	0,031	0,030	0,018
150	0,015	0,017	0,013	0,025	0,025	0,016
185	0,012	0,015	0,012	0,020	0,021	0,014
240	0,010	0,012	0,011	0,015	0,017	0,013
300	0,008	0,011	0,010	0,012	0,015	0,012
400	0,006	0,009	0,010	0,009	0,012	0,011
500	0,005	0,008	0,009	0,007	0,011	0,010
630	0,004	0,007	0,009	0,006	0,009	0,010
2 x 120	0,010	0,010	0,007	0,015	0,015	0,009
2 x 150	0,008	0,009	0,006	0,012	0,013	0,008
2 x 185	0,006	0,007	0,006	0,010	0,011	0,007
2 x 140	0,005	0,006	0,005	0,008	0,009	0,006
3 x 120	0,006	0,007	0,005	0,010	0,010	0,006
3 x 150	0,005	0,006	0,004	0,008	0,008	0,005
3 x 185	0,004	0,005	0,004	0,007	0,007	0,005
3 x 240	0,003	0,004	0,004	0,005	0,006	0,004
4 x 185	0,003	0,004	0,003	0,005	0,005	0,004
4 x 240	0,002	0,003	0,003	0,004	0,004	0,003

Sprawdzanie spadków napięć (ciąg dalszy)

Przewody jednożyłowe układane oddzielnie (λ = 0,09 mΩ/m)
Spadek napięcia jednostkowego (V) na 100 m przewodu

Przekrój (mm^2)	Trójfazowa Cu (100 m) cosφ			Trójfazowa Al (100 m) cosφ		
	1	0,85	0,35	1	0,85	0,35
1,5	1,533	1,308	0,544	2,467	2,101	0,872
2,5	0,920	0,787	0,330	1,480	1,263	0,526
4	0,575	0,493	0,210	0,925	0,791	0,332
6	0,383	0,331	0,143	0,617	0,529	0,224
10	0,230	0,200	0,089	0,370	0,319	0,138
16	0,144	0,127	0,059	0,231	0,201	0,089
25	0,092	0,083	0,041	0,148	0,131	0,060
35	0,066	0,061	0,031	0,106	0,095	0,045
50	0,046	0,044	0,025	0,074	0,068	0,034
70	0,033	0,033	0,020	0,053	0,050	0,027
95	0,024	0,025	0,017	0,039	0,038	0,022
120	0,019	0,021	0,015	0,031	0,031	0,019
150	0,015	0,018	0,014	0,025	0,026	0,017
185	0,012	0,015	0,013	0,020	0,022	0,015
240	0,010	0,013	0,012	0,015	0,018	0,014
300	0,008	0,011	0,011	0,012	0,015	0,013
400	0,006	0,010	0,010	0,009	0,013	0,012
500	0,005	0,009	0,010	0,007	0,011	0,011
630	0,004	0,008	0,010	0,006	0,010	0,010
2 x 120	0,010	0,011	0,008	0,015	0,015	0,010
2 x 150	0,008	0,009	0,007	0,012	0,013	0,009
2 x 185	0,006	0,008	0,006	0,010	0,011	0,008
2 x 240	0,005	0,006	0,006	0,008	0,009	0,007
3 x 120	0,006	0,007	0,005	0,010	0,010	0,006
3 x 150	0,005	0,006	0,005	0,008	0,009	0,006
3 x 185	0,004	0,005	0,004	0,007	0,007	0,005
3 x 240	0,003	0,004	0,004	0,005	0,006	0,005
4 x 185	0,003	0,004	0,003	0,005	0,005	0,004
4 x 240	0,002	0,003	0,003	0,004	0,004	0,003

Przewody jednożyłowe układane oddzielnie (λ = 0,13 mΩ/m)
Spadek napięcia jednostkowego (V) na 100 m przewodu

Przekrój (mm²)	Trójfazowa Cu (100 m) cosφ			Trójfazowa Al (100 m) cosφ		
	1	0,85	0,35	1	0,85	0,35
1,5	1,533	1,310	0,549	2,467	2,104	0,876
2,5	0,920	0,789	0,334	1,480	1,265	0,530
4	0,575	0,496	0,213	0,925	0,793	0,336
6	0,383	0,333	0,146	0,617	0,531	0,228
10	0,230	0,202	0,093	0,370	0,321	0,142
16	0,144	0,129	0,062	0,231	0,203	0,093
25	0,092	0,085	0,044	0,148	0,133	0,064
35	0,066	0,063	0,035	0,106	0,097	0,049
50	0,046	0,046	0,028	0,074	0,070	0,038
70	0,033	0,035	0,024	0,053	0,052	0,031
95	0,024	0,027	0,021	0,039	0,034	0,026
120	0,019	0,023	0,019	0,031	0,033	0,023
150	0,015	0,020	0,018	0,025	0,028	0,021
185	0,012	0,017	0,017	0,020	0,024	0,019
240	0,010	0,015	0,016	0,015	0,020	0,018
300	0,008	0,013	0,015	0,012	0,017	0,016
400	0,006	0,012	0,014	0,009	0,015	0,015
500	0,005	0,011	0,014	0,007	0,013	0,015
630	0,004	0,010	0,013	0,006	0,012	0,014
2 x 120	0,010	0,012	0,009	0,015	0,017	0,011
2 x 150	0,008	0,010	0,009	0,012	0,014	0,010
2 x 185	0,006	0,009	0,008	0,010	0,012	0,010
2 x 240	0,005	0,007	0,008	0,008	0,010	0,009
3 x 120	0,006	0,008	0,006	0,010	0,011	0,008
3 x 150	0,005	0,007	0,006	0,008	0,009	0,007
3 x 185	0,004	0,006	0,006	0,007	0,008	0,006
3 x 240	0,003	0,005	0,005	0,005	0,007	0,006
4 x 185	0,003	0,004	0,004	0,005	0,006	0,005
4 x 240	0,002	0,004	0,004	0,004	0,005	0,004

Zabezpieczenie przed zwarciem

PN-IEC 60364-4-43, PN-IEC 60364-4-473

Aby zapobiegać skutkom zwarć, każdy aparat zabezpieczający przeciwzwarciowy musi spełniać następujące kryteria:
- prąd zwarciowy znamionowy wyłączalny aparatu zabezpieczającego musi być co najmniej równy maksymalnemu spodziewanemu prądowi zwarciowemu w punkcie jego instalacji,
- czas wyłączenia zwarcia powstałego w jakimkolwiek punkcie instalacji nie może być dłuższy niż czas wzrostu temperatury przewodów do maksymalnej dopuszczalnej wartości.

Przestrzegając tych zasad, należy określić dla każdego obwodu maksymalny prąd zwarciowy na początku oraz minimalny prąd zwarciowy na końcach obwodów.
Określenie maksymalnego prądu zwarciowego na początku obwodu jest potrzebne, aby:
- dobrać odpowiednią zdolność zwarciową urządzeń zabezpieczających,
- upewnić się, że przewody są zabezpieczone przed przegrzaniem.
Wyliczenie minimalnego prądu zwarciowego na końcach obwodu ma na celu:
- sprawdzenie warunków wyłączenia dla nastawy wyzwalaczy elektromagnetycznych wyłączników,
- upewnienie się, że zabezpieczenie bezpiecznikami topikowymi lub wyłącznikami zwłocznymi nie doprowadzi do przegrzania przewodów. Zgodnie z ogólną zasadą zabezpieczenie przeciwzwarciowe umieszcza się na początku każdego obwodu.
Na str. 466 podano wymogi norm dotyczące tego zagadnienia oraz możliwości odstępstw od tej zasady.

< Nastawianie progu zadziałania wyzwalacza elektromagnesowego w wyłączniku DPX.

ZDOLNOŚĆ ZWARCIOWA

Zdolność zwarciowa aparatu zabezpieczającego musi być co najmniej równa maksymalnemu spodziewanemu prądowi zwarciowemu, który może się pojawić w miejscu zainstalowania zabezpieczenia.

Zdolność zwarciowa aparatu ≥ I_{ccmax}

Maksymalny spodziewany prąd zwarciowy, który należy uwzględnić, to:
- prąd zwarciowy trójfazowy, symetryczny I_{k3} w obwodach trójfazowych (3 fazy lub 3 fazy + biegun neutralny),
- prąd zwarciowy dwufazowy I_{k2} w obwodach dwufazowych (faza/faza),
- prąd zwarciowy jednofazowy I_{k1} w obwodach jednofazowych (faza/przewód neutralny):
Patrz strona 304 – obliczanie wartości I_k.

Łączenie lub koordynacja zabezpieczeń

Dopuszcza się, aby aparat zabezpieczający miał zdolność zwarciową mniejszą od spodziewanego maksymalnego prądu zwarciowego, pod warunkiem że:
- aparat ten jest zainstalowany poniżej drugiego aparatu zabezpieczającego, który ma wymaganą zdolność zwarciową,
- przewody i odbiorniki znajdujące się za tym aparatem zabezpieczającym wytrzymają bez uszkodzeń przepływ prądu zwarciowego.
Na str. 372 podano przykład koordynacji wyłączników S 300 i DPX.

Układ sieci IT – przypadek szczególny

Gdy instalacja wykonana jest w układzie sieci IT, zasadę dotyczącą zdolności zwarciowej stosuje się zarówno dla prądów zwarciowych trójfazowych, jak i dla spodziewanych prądów uszkodzenia podwójnego.
Aparat zabezpieczający przy napięciu międzyfazowym na jeden biegun, powinien wyłączyć prąd uszkodzenia podwójnego, który jest równy:
- 0,15 razy prąd zwarciowy trójfazowy w każdym punkcie instalacji, jeżeli nie przekracza on wartości 10 000 A,
- 0,25 razy prąd zwarciowy trójfazowy w każdym punkcie instalacji, jeśli jest on większy od 10 000 A.
Przykład: W instalacji 230/400 V, przy napięciu 400 V na jeden biegun, dla prądu zwarciowego trójfazowego 20 kA, aparaty zabezpieczające powinny wyłączyć prąd o wartości 0,25 x 20 = 5 kA.
Na str. 354 podano zdolności zwarciowe wyłączników DPX firmy Legrand, przy napięciu 400 V na jeden biegun (układ sieci IT).

SPRAWDZANIE DOPUSZCZALNYCH OBCIĄŻALNOŚCI TERMICZNYCH PRZEWODÓW

Czas zadziałania wyłącznika w wyniku zwarcia, które powstało w jakimkolwiek punkcie obwodu, nie może być dłuższy od czasu wzrostu dopuszczalnej temperatury przewodów powyżej maksymalnej wartości podanej w tabeli poniżej.
W praktyce należy upewnić się, że energia przepływająca przez wyłącznik nie jest większa od tej, którą może wytrzymać przewód.
Maksymalne obciążenie termiczne (w czasie krótszym niż 5 s), które instalacja może wytrzymać, oblicza się wg następującego wzoru:

$$I^2t = K^2 \times S^2$$

Wartość K dla przewodów czynnych i ochronnych

Rodzaj izolacji		PVC	PR/EPR	Kauczukowa 60°C	Kauczukowa 85°C	Kauczukowa silikonowa	Przewód goły, bez izolacji
θ°max (°C)		160/140(2)	250	200	220	350	200/150(1)
Przewód ochronny ułożony obok kabla lub przewody ułożone luzem	Miedź	143/133(2)	176	159	166	201	159/138(1)
	Aluminium	95/88(2)	116	105	110	133	105/91(1)
	Stal	52/49(2)	64	58	60	73	58/50(1)
Przewód czynny lub ochronny, wchodzący w skład kabla wielożyłowego lub przewody zgrupowane	Miedź	115/103(2)	143	141	134	132	138
	Aluminium	76/68(2)	94	93	89	87	91
	Stal						50

(1) Jeżeli istnieje zagrożenie pożarowe.
(2) Przekroje powyżej 300 mm² lub przewody grupowane.

Zabezpieczenie przed zwarciem (ciąg dalszy)

Przewody czynne

Zabezpieczenie przez wyłącznik

W przypadku zabezpieczenia instalacji przez wyłącznik należy sprawdzić, czy energia przepływająca przez aparat jest mniejsza od maksymalnej dopuszczalnej obciążalności termicznej przewodów instalacji.
Prądem, jaki należy wziąć pod uwagę, jest maksymalny prąd zwarciowy na początku danego obwodu:
- I_{k3} dla obwodów trójfazowych (3 fazy lub 3 fazy + przewód neutralny),
- I_{k2} dla obwodów dwufazowych,
- I_{k1} dla obwodów jednofazowych (faza + przewód neutralny).

Analiza charakterystyk ograniczeń termicznych wyłączników pozwala sprawdzić, czy ograniczona wartość jest mniejsza od wartości prądu przepływającego przez przewody w warunkach spodziewanego zwarcia.

W przypadku stosowania wyłączników zwłocznych (z opóźnionym progiem zadziałania wyzwalacza zwarciowego) należy sprawdzać ograniczenia termiczne.
Nie jest to konieczne w przypadku przewodów czynnych (fazowych i neutralnych), jeżeli:
- zabezpieczenie na początku instalacji ma funkcję przeciwprzeciążeniową,
- przekrój przewodu neutralnego nie jest mniejszy od przekroju przewodów fazowych.

Zabezpieczenie topikowe

W takim przypadku trzeba upewnić się, że najmniejsza wartość zwarcia na końcu instalacji spowoduje stopienie się wkładki topikowej w czasie skoordynowanym z charakterystyką obciążalności termicznej kabla.
Uwaga: Prądy zwarciowe, które należy uwzględnić, to prądy na końcu instalacji:
- I_{k1} dla obwodów z prowadzonym przewodem neutralnym,
- I_{k2} dla obwodów bez przewodu neutralnego.

Wartość minimalnego prądu zwarciowego powinna być większa od I_a.

Wartość maksymalnej obciążalności termicznej kabli (w A^2s) w zależności od rodzaju i przekroju przewodu

S (mm²)	Cu/PVC	Cu/PR	Al/PVC	Al/PR
1,5	$2,98\ 10^4$	$4,6\ 10^4$		
2,5	$8,27\ 10^4$	$1,28\ 10^5$		
4	$2,12\ 10^5$	$3,27\ 10^5$		
6	$4,76\ 10^5$	$7,36\ 10^5$		
10	$1,32\ 10^6$	$2,04\ 10^6$	$5,78\ 10^5$	$8,84\ 10^5$
16	$3,39\ 10^6$	$5,23\ 10^6$	$1,48\ 10^6$	$2,26\ 10^6$
25	$8,27\ 10^6$	$1,28\ 10^7$	$3,61\ 10^5$	$5,52\ 10^5$
35	$1,62\ 10^7$	$2,51\ 10^7$	$7,08\ 10^6$	$1,08\ 10^7$
50	$3,31\ 10^7$	$5,11\ 10^7$	$1,44\ 10^7$	$2,21\ 10^7$
95	$1,19\ 10^8$	$1,85\ 10^8$	$5,21\ 10^7$	$7,97\ 10^7$
120	$1,9\ 10^8$	$2,94\ 10^8$	$8,32\ 10^7$	$1,27\ 10^8$
150	$2,98\ 10^8$	$4,60\ 10^8$	$1,3\ 10^8$	$1,99\ 10^8$
185	$4,53\ 10^8$	$7\ 10^8$	$1,98\ 10^8$	$3,02\ 10^8$
240	$7,62\ 10^8$	$1,18\ 10^9$	$3,33\ 10^8$	$5,09\ 10^8$
300	$1,19\ 10^9$	$1,84\ 10^9$	$5,2\ 10^8$	$7,95\ 10^8$
400	$2,12\ 10^9$	$3,27\ 10^9$	$9,24\ 10^8$	$1,41\ 10^9$
500	$3,31\ 10^9$	$5,11\ 10^9$	$1,44\ 10^9$	$2,21\ 10^9$

Przewody ochronne

Sprawdzanie obciążalności termicznej przewodów ochronnych nie jest konieczne, jeżeli ich przekrój został dobrany zgodnie z poniższą tabelą. W układzie sieci TN-C przekrój przewodu PEN nie może być mniejszy niż:
- 10 mm² w przypadku przewodów miedzianych,
- 16 mm² w przypadku przewodów aluminiowych.

Jeśli przekrój przewodów ochronnych dobrano zgodnie z obliczeniami, prąd zwarciowy, jaki należy wziąć pod uwagę przy sprawdzaniu obciążalności termicznej, powinien być minimalnym prądem zwarciowym (I_f). W tym przypadku prąd zwarciowy określa się jako prąd płynący między przewodem czynnym i przewodem ochronnym, na końcu obwodu, bez względu na rodzaj zabezpieczenia. Do obliczania przekroju przewodu dla czasu wyłączenia poniżej 10 s używa się następującego wzoru:

$$S_{PE} = \frac{\sqrt{I^2 t}}{K}$$

gdzie:
S_{PE}: przekrój przewodu (mm²),
I: wartość skuteczna prądu zwarciowego (A),
t: czas zadziałania wyłącznika (S),
K: współczynnik, który zależy od dopuszczalnych temperatur, metalu, z którego jest wykonana żyła, oraz od rodzaju izolacji (praktyczne wartości podano w tabeli na str. 285).

Przekrój przewodu ochronnego (S_{PE}) w zależności od przekroju przewodów fazowych (S_{ph})

Przekrój przewodów fazowych S_{ph}	Przekrój przewodów ochronnych S_{PE}
S_{ph} < 16 mm²	S_{ph}
16 mm² < S_{ph} ≤ 35 mm²	16 mm²
S_{ph} > 35 mm²	0,5 S_{ph}

W przypadku urządzeń, w których występują stałe prądy upływowe (>10 mA), przekrój S_{PE} przewodu ochronnego powinien wynosić co najmniej 10 mm² dla miedzi, 16 mm² – dla aluminium lub podwójną wartość przekroju tzw. normalnego. Można to uzyskać, dodając drugi przewód biegnący równolegle do pierwszego aż do najbliższego punktu instalacji, w którym zastosowano przekrój 10 mm² dla przewodów miedzianych lub 16 mm² – dla przewodów aluminiowych.
W przypadku podwyższonych prądów upływowych zaleca się stosowanie układu sieci TN.

Obliczanie I_f

Metodę tę można stosować przy uwzględnieniu odległości od źródła zasilania.
Można brać pod uwagę prąd uszkodzeniowy faza/masa I_f (nie uwzględniając reaktancji), który wynosi:

$$I_f = 0{,}8 \times \frac{U_0}{R_{Ph} + R_{PE}}$$

gdzie:
U_0: **napięcie faza/przewód neutralny,**
R_{Ph}: **rezystancja przewodu fazowego,**
R_{PE}: **rezystancja przewodu ochronnego.**
Wartość 0,8 wynika z przyjęcia hipotezy, że napięcie na początku obwodu stanowi 80% napięcia znamionowego lub że impedancja części pętli zwarciowej znajdującej się powyżej zabezpieczeń wynosi 20% całkowitej impedancji pętli.

Obliczanie współczynnika K

K wyrażone w As^{0,5}/mm² jest obliczane wg wzoru:

$$K = \frac{\sqrt{C_V\left(B_0 + 20\right)}}{\rho_{20}} \times 10^{-12} \times l_n \left(1 + \frac{\theta_f - \theta_1}{B_0 + \theta_1}\right)$$

gdzie:
C_V: **pojemność termiczna (J/°C m³),**
$C_V = C_M \times M_V$ C_M: **ciepło masy przewodu (J/°C kg),**
M_V: **masa objętościowa (kg/m³),**
B_0: **odwrotność współczynnika rezystancji w temperaturze 0°C,**
ρ_{20}: **rezystancja materiału w temperaturze 20°C (Ωm),**
θ_1: **temperatura początkowa przewodu (°C),**
θ_f: **temperatura końcowa przewodu (°C).**

Zabezpieczenie przed zwarciem (ciąg dalszy)

SPRAWDZANIE MAKSYMALNYCH ZABEZPIECZANYCH DŁUGOŚCI

Należy upewnić się, że najmniejszy prąd zwarciowy płynący w instalacji spowoduje zadziałanie aparatu zabezpieczającego.
W tym celu wystarczy sprawdzić, czy prąd na końcu zabezpieczanej instalacji jest większy od progu zadziałania wyzwalacza elektromagnesowego wyłącznika. Trzeba wziąć pod uwagę górną wartość obszaru charakterystyki pasmowej wyzwolenia:
- górną granicę charakterystyki B (5 x I_n), C (10 x I_n) lub D (20 x I_n) w przypadku wyłączników nadprądowych S 300,
- wartość nastawy magnetycznej powiększoną o próg tolerancji 20% w przypadku wyłączników DPX.

Istnieje prosta metoda obliczania, która umożliwia wyznaczanie maksymalnych długości zabezpieczanych obwodów w zależności od nastawy wyzwalaczy elektromagnetycznych wyłączników. Metodę można stosować do obwodów znajdujących się daleko od źródła i niezasilanych przez generator.
Metoda ta zakłada, że w momencie wystąpienia zwarcia napięcie na początku obwodu, w którym wystąpiło zwarcie, wynosi 80% znamionowego napięcia zasilania. Oznacza to, że impedancja obwodu zwarcia wynosi 80% całkowitej impedancji pętli zwarciowej.
Można to przedstawić przy pomocy wzoru:

$$0{,}8 \times U = Z_d \times I_{kmin}$$

gdzie:
U: napięcie przy normalnym trybie działania, w miejscu zainstalowania zabezpieczenia
Z_d: impedancja pętli zwarciowej obwodu wyłączanego; należy uwzględnić podwójną długość obwodu (obieg prądu „tam i z powrotem")
I_{kmin}: minimalny prąd zwarciowy
Wzór ten można zapisać również w następującej postaci:

$$L_{max} = \frac{0{,}8 \times U_0 \times S}{2 \times \rho \times I_a}$$

gdzie:
L_{max}: maksymalna zabezpieczana długość obwodu (m),
U_0: napięcie znamionowe instalacji między fazą a przewodem neutralnym (V); jeżeli przewód neutralny nie jest prowadzony, należy wziąć pod uwagę napięcie między fazami,
S: przekrój przewodów (mm²),
ρ: rezystancja właściwa materiału, z którego wykonana jest żyła przewodu (Ω mm²/m),
I_a: prąd wyzwolenia wyłącznika (A).
W przypadku kabli o dużych przekrojach (≥150 mm²), koniecznie należy zastosować współczynnik korekcyjny, aby uwzględnić wpływ reaktancji. Współczynnik ten jest podany w tabelach na następnych stronach.

Współczynniki korekcyjne odczytywane z tablic – należy je zastosować odpowiednio do długości przewodu

• Żyła przewodu
Podane wartości dotyczą przewodów miedzianych. Dane dla przewodów aluminiowych uzyskuje się, mnożąc te wartości przez współczynnik:
- 0,62 w przypadku zabezpieczenia przez wyłącznik,
- 0,41 w przypadku zabezpieczenia wkładką topikową.

• Rodzaj obwodu
W tablicach zostały uwzględnione obwody jednofazowe 230 V i trójfazowe 400 V z przewodem neutralnym. W poniższej tabeli podano wartości współczynników powiększających.

Obwód trój- lub dwufazowy 400 V	Współczynnik korekcyjny powiększający
Bez przewodu neutralnego	1,72
Z pełnym przewodem neutralnym	1
Z przewodem neutralnym równym połowie przekroju przewodu fazowego	0,67

Tabele zamieszczone na następnych stronach umożliwiają dobranie maksymalnych długości zabezpieczanych przewodów – nie podają dopuszczalnych prądów. Dopuszczalne wartości prądów I_z omówiono na str. 266.

Maksymalne, teoretyczne długości przewodu (m) zabezpieczone przed minimalnymi zwarciami – w zależności od przekroju przewodu i zastosowanego aparatu zabezpieczającego(1)

Wyłącznik	S (mm²)	I_n wyłącznika (A)													
		2	4	6	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
S 300, charakterystyka C	1,5	300	150	100	60	38	30	24	19						
	2,5	500	250	167	100	63	50	40	31	25					
	4	800	400	267	160	100	80	64	50	40	32				
	6		600	400	240	150	120	96	75	60	48	38			
	10			667	400	250	200	160	125	100	80	63	50		
	16			1067	640	400	320	256	200	160	128	102	80	64	
	25				1000	625	500	400	313	250	200	159	125	100	80
	35					875	700	560	438	350	280	222	175	140	112
	50							800	625	500	400	317	250	200	160
S 300, charakterystyka B	1,5	600	300	200	120	75	60	48	38						
	2,5	1000	500	333	200	125	100	80	63	50					
	4	1600	800	533	320	200	160	128	100	80	64				
	6		1200	800	480	300	240	192	150	120	96	76			
	10			1333	800	500	400	320	250	200	160	127	100		
	16			2133	1280	800	640	512	400	320	256	203	160	128	
	25				2000	1250	1000	800	625	500	400	317	250	200	160
	35					1750	1400	1120	875	700	560	444	350	280	224
	50							1600	1250	1000	800	635	500	400	320
S 300, charakterystyka D	1,5	150	75	50	30	19	15	12	9						
	2,5	250	125	83	50	31	25	20	16	13					
	4	400	200	133	80	50	40	32	25	20	16				
	6		300	200	120	75	60	48	38	30	24	19			
	10			333	200	125	100	80	63	50	40	32	25		
	16			233	320	200	160	128	100	80	64	51	40	32	
	25				500	313	250	200	156	125	100	79	63	50	40
	35					438	350	280	219	175	140	111	88	70	56
	50							400	313	250	200	159	125	100	80

(1) **Uwaga**: Podano wartości dla przewodów miedzianych w sieci jednofazowej 230 V lub trójfazowej 400 V z przewodem neutralnym (przekrój przewodu neutralnego = przekrój przewodu fazowego), dla innych typów przewodów lub obwodów należy przyjąć współczynnik korekcyjny (patrz str. 288).

Zabezpieczenie przed zwarciem (ciąg dalszy)

Maksymalne, teoretyczne długości przewodu (m) zabezpieczone przed minimalnymi zwarciami dla wyłączników DPX – w zależności od przekroju przewodu i nastawy wyłącznika(1)

Nastawa I_m wyzwalacza elektromagnesowego wyłącznika DPX (A)		90	100	125	160	200	250	320	400	500	700	800	875	1000
Przekrój S przewodu (mm²)	1,5	56	50	40	31	25	20	16	13	10	7	6	6	5
	2,5	93	83	67	52	42	33	26	21	17	12	10	10	8
	4	148	133	107	83	67	53	42	33	27	19	17	15	13
	6	222	200	160	125	100	80	63	50	40	29	25	23	20
	10	370	333	267	208	167	133	104	83	67	48	42	38	33
	16	593	533	427	333	267	213	167	133	107	76	67	61	53
	25			667	521	417	333	260	208	167	119	104	95	83
	35					583	467	365	292	233	167	146	133	117
	50						667	521	417	333	238	208	190	167
	70							729	583	467	333	292	267	233
	95										452	396	362	317
	120											500	457	400
	150												497	435
	185													514

Nastawa I_m wyzwalacza elektromagnesowego wyłącznika DPX		1120	1250	1600	2000	2500	3200	4000	5000	6300	8000	12 500	16 000
Przekrój S przewodu (mm²)	1,5	4	4	5									
	2,5	7	7	5	4	3	3						
	4	12	11	8	7	5	4	3	3				
	6	18	16	13	10	8	6	5	4	3			
	10	30	27	21	17	13	10	8	7	5	4		
	16	48	43	33	27	21	17	13	11	8	7	4	3
	25	74	67	52	42	33	26	21	17	13	10	7	5
	35	104	93	73	58	47	36	29	23	19	15	9	7
	50	149	133	104	83	67	52	42	33	26	21	13	10
	70	208	187	146	117	93	73	58	47	37	29	19	15
	95	283	253	198	158	127	99	79	63	50	40	25	20
	120	357	320	250	200	160	125	100	80	63	50	32	25
	150	388	348	272	217	174	136	109	87	69	54	35	27
	185	459	411	321	257	206	161	128	103	82	64	41	32
	240	571	512	400	320	256	200	160	128	102	80	51	40
	300			500	400	320	250	200	160	127	100	64	50

(1) **Uwaga**: Podano wartości dla przewodów miedzianych w sieci jednofazowej 230 V lub trójfazowej 400 V z przewodem neutralnym (przekrój przewodu neutralnego = przekrój przewodu fazowego), dla innych typów przewodów lub obwodów należy przyjąć współczynnik korekcyjny (patrz str. 288).

Maksymalne, teoretyczne długości przewodu (m) zabezpieczone przed minimalnymi zwarciami przez wkładki topikowe – w zależności od przekroju przewodu i rodzaju wkładki topikowej(1)

S (mm²)	Prąd zwarciowy – zabezpieczenie topikowe, typ aM (A), izolacja przewodu PCV/PR																			
	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
1,5	28/33	19/23	13/15	8/10	6/7															
2,5	67	47/54	32/38	20/24	14/16	9/11	6/7													
4	108	86	69	47/54	32/38	22/25	14/17	9/11	6/7											
6	161	129	104	81	65/66	45/52	29/34	19/23	13/15	9/10	6/7									
10				135	108	88	68	47/54	32/38	21/25	14/16	9/11	6/7							
16						140	109	86	69	49/55	32/38	21/25	14/17	9/11	6/7					
25								135	108	86	67	47/64	32/38	21/25	14/16	9/11				
35									151	121	94	75	58/60	38/45	25/30	17/20	11/13	7/9		
50											128	102	82	65	43/51	29/36	19/24	13/15	8/10	
70												151	121	96	75	56/60	38/45	26/30	17/20	11/13
95												205	164	130	102	82	65	43/51	29/34	19/23
120														164	129	104	82	65	44/52	29/35
150															138	110	88	69	55	37/44
185																128	102	80	64	61
240																	123	97	78	62

S (mm²)	Prąd zwarciowy – zabezpieczenie topikowe, typ gG (A), izolacja przewodu PCV/PR																			
	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
1,5	82	59/61	38/47	18/22	13/16	6/7														
2,5		102	82	49/56	35/43	16/20	12/15	5/7												
4			131	89	76	42/52	31/39	14/17	8/10	4/5										
6				134	113	78	67/74	31/39	18/23	10/12	7/9									
10					189	129	112	74	51/57	27/34	19/24	19/12	7/9	3/4						
16							179	119	91	67	49/56	24/30	18/23	9/11	5/7	3/4				
25								186	143	104	88	59/61	45/53	22/27	13/16	7/9	4/5			
35									200	146	123	86	75	43/52	25/36	14/18	8/11	4/5		
50										198	167	117	101	71	45/54	26/33	16/22	8/11	5/7	
70											246	172	150	104	80	57/60	34/42	17/22	11/14	
95												233	203	141	109	82	62	32/40	20/25	9/11
120													256	179	137	103	80	51/57	32/40	14/18
150													272	190	145	110	85	61	42/48	20/24
185														220	169	127	98	70	56	27/34
240															205	155	119	85	68	43/46

(1) **Uwaga**: Podano wartości dla przewodów miedzianych w sieci jednofazowej 230 V lub trójfazowej 400 V z przewodem neutralnym (przekrój przewodu neutralnego = przekrój przewodu fazowego), dla innych typów przewodów lub obwodów należy przyjąć współczynnik korekcyjny (patrz str. 288).

Zabezpieczenie przed porażeniem przy dotyku pośrednim

Każda instalacja elektryczna musi być zabezpieczona przed porażeniem przy dotyku pośrednim. Różne rodzaje i sposoby wykonywania takich zabezpieczeń zostały opisane na stronach 60-67.
W rozdziale tym zostaną przedstawione warunki zabezpieczenia, które polega na automatycznym wyłączeniu zasilania.

Norma wymaga, aby przepływ prądu uszkodzeniowego I_f został przerwany w takim czasie, aby nie zagrażał bezpieczeństwu osób.
Czasy te podają charakterystyki (patrz str. 53), odnosząc je do spodziewanego napięcia dotyku U_c. Również i te charakterystyki zostały ujęte w formie tabel i podają maksymalny czas wyłączenia w zależności od wybranego układu sieci, napięcia znamionowego instalacji i napięcia granicznego.
W układzie sieci TT, dzięki zastosowaniu wyłączników różnicowoprądowych, nie jest konieczne sprawdzanie czasu wyłączenia. Wyłącznik różnicowoprądowy dobiera się w zależności od wartości rezystancji uziemienia i rodzaju użytkowania.
W układach sieci TN i IT należy obliczyć wartości prądów zwarciowych i przestrzegać czasu wyłączenia, który podano w tabelach.
Niezależnie od rodzaju układu sieci zastosowanie wyłączników różnicowoprądowych o czułości 30 mA jest obowiązkowe w obwodach końcowych, które zasilają:
- gniazda prądowe ⩽32 A,
- gniazda prądowe w wilgotnych pomieszczeniach,
- gniazda prądowe w instalacjach tymczasowych.

Napięcie dotykowe graniczne

Napięcie dotykowe graniczne to wartość napięcia, poniżej której nie ma już ryzyka śmiertelnego porażenia prądem. Ogólną zasadą jest, że napięcie nominalne instalacji jest większe od napięcia granicznego (50 V). Ze względów bezpieczeństwa spodziewane napięcie dotyku U_c musi być mniejsze od napięcia granicznego.

ZABEZPIECZENIE W UKŁADZIE SIECI TT

W takim układzie sieci zabezpieczenie najczęściej polega na zastosowaniu wyłączników różnicowoprądowych. Impedancja pętli uszkodzenia ma znaczną wartość (dwie rezystancje uziemień) i natężenie prądu uszkodzeniowego jest zbyt małe, aby zadziałało zabezpieczenie nadprądowe. Maksymalną wartość czułości wyłączników różnicowoprądowych należy dobierać w taki sposób, aby napięcie dotyku nie przekroczyło wartości granicznej U_L (50 V we wzorze podanym poniżej).

$$I_{\Delta n} \leq \frac{50}{R_A}$$

$I_{\Delta n}$: czułość wyłącznika różnicowoprądowego,
R_A: rezystancja uziemienia mas.

Maksymalne wartości rezystancji uziemienia w zależności od czułości wyłączników różnicowoprądowych

$I_{\Delta n}$ różnicowoprądowe	R uziemienia (Ω)
≤30 mA	>500
100 mA	500
300 mA	167
1 A	50
3 A	17

Pętla „uszkodzenia" w układzie sieci TT

$$U_C = R_A \times I_f \leq U_L \Rightarrow I_{\Delta n} \leq \frac{U_L\,(50\,V)}{R_A}$$

ZABEZPIECZENIE W UKŁADZIE SIECI TN

W układzie sieci TN zabezpieczenie przed porażeniem przy dotyku pośrednim jest realizowane przy użyciu aparatów zabezpieczających przed przetężeniami. Należy upewnić się, że wartość prądu zwarciowego jest wystarczająca, aby spowodować zadziałanie zabezpieczeń w odpowiednio krótkim czasie.

Czas wyłączenia

Czasy wyłączeń aparatów zabezpieczających nie mogą przekroczyć podanych obok wartości:

Maksymalny czas wyłączenia

Napięcie znamionowe zasilania U_0 (V)	Czas wyłączenia t_0 (s) U_L: 50 V
$50 < U_0 \leq 120$	0,8
$120 < U_0 \leq 230$	0,4
$230 < U_0 \leq 400$	0,2
400	0,1

Zabezpieczenie przed porażeniem przy dotyku pośrednim
(ciąg dalszy)

W praktyce, kiedy obwód jest zabezpieczany przez wyłącznik, nie ma konieczności sprawdzania czasu wyłączenia. Jednak gdy stosuje się wyłącznik z opóźnionym wyłączeniem, należy upewnić się, że całkowity czas wyłączenia aparatu (zwłoka czasowa + czas otwarcia styków) odpowiada zalecanym czasom.

Prąd zwarciowy

Zasada zabezpieczenia opiera się na tym, że w układzie TN uszkodzenie izolacji powoduje zwarcie faza/przewód neutralny. Jeżeli wartość prądu zwarciowego jest wystarczająco duża, funkcję zabezpieczenia spełniają aparaty zabezpieczające przed przetężeniami. Przedstawia się to za pomocą następującego wzoru:

$$I_f = \frac{U_0}{Z_S} \geq I_a$$

gdzie:
U_0: napięcie znamionowe instalacji między fazą a przewodem (biegunem) neutralnym,
Z_S: całkowita impedancja pętli zwarcia,
I_a: prąd, który uruchamia aparat zabezpieczający w danym czasie.

Zabezpieczenie topikowe

Należy upewnić się, że prąd zwarciowy rzeczywiście stopi wkładkę bezpiecznikową w danym czasie. Aby tak się stało, czas stopienia topika bezpiecznika t_1, przy obliczonym prądzie zwarciowym I_f powinien być mniejszy od czasu t_0, czyli czasu wyłączenia, który nakazuje norma.

Jeżeli $t_1 < t_0$ to zabezpieczenie jest zapewnione.

Pętla zwarcia w układzie sieci TN

Maksymalne zabezpieczane długości

W praktyce nie jest konieczna znajomość prądu zwarciowego I_f, aby określić maksymalną długość zabezpieczanej instalacji. Długość tę oblicza się, odnosząc ją do prądu wyzwolenia wyzwalacza magnetycznego I_m (lub I_a) aparatów zabezpieczających (patrz str. 288).

Zabezpieczenie przez wyłączniki

Jeżeli zabezpieczenie zapewniają wyłączniki, prąd zwarciowy musi być większy od progu zadziałania wyzwalacza elektromagnetycznego wyłącznika. Należy wziąć pod uwagę górną wartość wyzwolenia. W przypadku wyłączników DPX chodzi o wartość nastawy wyzwalacza elektromagnesowego powiększoną o tolerancję działania (20% dla wyzwalaczy termiczno-magnetycznych i 10% dla wyzwalaczy elektronicznych), w przypadku wyłączników nadprądowych S 300 – o górną wartość obszaru wyzwolenia.

I_m: prąd wyzwolenia wyzwalacza elektromagnesowego
I_f: prąd zwarciowy
t_1: czas działania wyłącznika
t_0: czas maksymalnego wyłączenia (patrz tabela str. 293)

Jeśli $I_f > I_m + 20\%$ i $t_1 < t_0$, to zabezpieczenie jest zapewnione.

ZABEZPIECZENIE W UKŁADZIE SIECI IT

Pojedyncze uszkodzenie

Zasada pracy układu sieci IT polega na tym, aby nie doszło do wyłączenia przy pojedynczym uszkodzeniu. Dzięki podwyższonej impedancji pętli pojedynczego uszkodzenia prąd uszkodzeniowy jest mały i napięcie dotykowe jest mniejsze od wartości granicznej. Nie ma więc żadnego zagrożenia dla użytkowników instalacji. Obecność tego uszkodzenia sygnalizuje urządzenie kontrolujące stan izolacji.

Pojedyncze uszkodzenie w układzie sieci IT

Podwójne uszkodzenie

Gdy pojawia się drugie uszkodzenie, bezwzględnie wymagane jest wyłączenie zasilania.
Należy rozpatrzyć dwa przypadki, które zależą od sposobów połączenia mas:
- wszystkie masy odbiorników są ze sobą połączone przez przewód PE (zalecana konfiguracja), stosuje się te same zasady co w układzie sieci TN,
- masy nie są ze sobą połączone i są oddzielnie uziemione, stosuje się te same zasady co w układzie sieci TT.

Podwójne uszkodzenie, masy połączone ze sobą

W sytuacji gdy masy są ze sobą połączone, prąd podwójnego uszkodzenia znacznie wzrasta i nie jest już ograniczony przez rezystancję uziemienia.
Podobnie jak w układzie sieci TN należy upewnić się, że wartość prądu podwójnego uszkodzenia jest wystarczająco duża, aby spowodować zadziałanie aparatów zabezpieczających przed zwarciem. Można wówczas zastosować zasady zabezpieczenia stosowane dla układu sieci TN, uwzględniając napięcie fazowe lub międzyfazowe (przewód neutralny prowadzony lub nie) i impedancję pętli oraz biorąc pod uwagę trasę przepływu prądu podwójnego uszkodzenia.
Przedstawia się to za pomocą następującego wzoru:

$$I_{df} = \frac{U'}{2Z_S} \geq I_a$$

gdzie:
I_{df}: prąd podwójnego uszkodzenia,
U': napięcie międzyfazowe, jeśli przewód neutralny nie jest prowadzony,
Z_S: całkowita impedancja pętli zwarcia,
I_a: prąd zapewniający zadziałanie w odpowiednim czasie aparatu zabezpieczającego.

Zabezpieczenie przed porażeniem przy dotyku pośrednim
(ciąg dalszy)

Maksymalny czas wyłączenia w zależności od napięcia zasilania

Napięcie znamionowe zasilania U_0 (V)	Czas wyłączenia t_0 (s) dla U_L: 50 V
$50 < U_0 \leq 120$	0,8
$120 < U_0 \leq 230$	0,4
$230 < U_0 \leq 400$	0,2
400	0,1

Gdy masy nie są połączone i gdy dwa uszkodzenia powstają w obwodach oddzielnie uziemionych, prąd podwójnego uszkodzenia zamyka się przez ziemię i jest ograniczony przez dwa uziemienia. Wartość prądu zwarciowego może być zbyt niska, aby spowodować zadziałanie zabezpieczeń przetężeniowych, niemniej jednak może wytworzyć niebezpieczną wartość napięcia dotyku. Norma zaleca instalowanie wyłączników różnicowoprądowych na każdej, oddzielonej grupie mas. Zabezpieczenia różnicowoprądowe dobiera się w taki sam sposób jak w układzie sieci TT.

Podwójne uszkodzenie, masy oddzielone

Kiedy masy po stronie niskiego napięcia transformatora nie są połączone z pozostałymi masami instalacji, należy zainstalować wyłącznik różnicowoprądowy na początku obwodu. Zabezpieczenie różnicowoprądowe należy zainstalować również wtedy, gdy uziemienie ogranicznika przepięć nie jest połączone z masami.

SPRAWDZANIE MAKSYMALNYCH ZABEZPIECZANYCH DŁUGOŚCI

Należy sprawdzić, czy prąd uszkodzeniowy jest większy od progu zadziałania wyzwalacza elektromagnesowego wyłącznika i wziąć pod uwagę górną wartość wyzwolenia:
- górną granicę charakterystyki B (5 x I_n), C (10 x I_n) lub D (20 x I_n) w przypadku wyłączników nadprądowych,
- wartość nastawy magnetycznej powiększoną o próg tolerancji 20% dla wyłączników DPX z wyzwalaczami termiczno-magnetycznymi i 10% dla wyłączników DPX z wyzwalaczami elektronicznymi.

Tak jak w przypadku maksymalnych zabezpieczanych długości przed zwarciami, także i w tym przypadku istnieje prosta metoda obliczeń. Można ją stosować w obwodach oddalonych od źródła (np. obwodach końcowych) i niezasilanych przez generatory.

Metoda ta zakłada, że w momencie wystąpienia zwarcia, napięcie na początku obwodu wynosi 80% napięcia znamionowego instalacji. Oznacza to, że impedancja pętli uszkodzenia na odpływie wynosi 80% całkowitej impedancji pętli uszkodzenia.
Można to przedstawić za pomocą wzoru:

$$0{,}8 \times U_0 = (R_a + R_{PE}) \times I_f$$

gdzie:
U_0: napięcie fazowe faza/przewód neutralny (V),
R_{PE}: rezystancja przewodu ochronnego w obwodzie, w którym wystąpiło uszkodzenie,
R_a: rezystancja przewodu czynnego w obwodzie, w którym wystąpiło uszkodzenie,
I_f: prąd uszkodzenia faza/masa.

ZABEZPIECZENIE W UKŁADZIE SIECI IT
SPRAWDZANIE MAKSYMALNYCH ZABEZPIECZANYCH DŁUGOŚCI

Wzór można również zapisać w tej postaci (układ sieci TN):

$$L_{max} = \frac{0{,}8 \times U_0 \times S_{ph}}{\rho \times (1+m) \times I_a}$$

L_{max}: maksymalna zabezpieczana długość (m),
U_0: napięcie fazowe przewód fazowy/przewód neutralny (V),
S_{ph}: przekrój przewodu fazowego w obwodzie uszkodzenia (mm²)
m: stosunek S_{ph}/S_{PE} (przekroju przewodu fazowego do przekroju przewodu ochronnego),
ρ: rezystywność materiału, z którego jest wykonana żyła przewodu (Ω mm²/m), 0,0225 dla miedzi i 0,035 dla aluminium,
I_a = prąd zadziałania wyzwalacza wyłącznika.

Tabele zamieszczone na następnych stronach służą do dobierania maksymalnych zabezpieczanych długości w zależności od rodzaju zabezpieczenia i rodzaju żyły w przewodzie. Wartości te podano dla obwodów, w których przekrój przewodu PE jest równy przekrojowi przewodów fazowych. Jeżeli przekrój przewodu PE jest mniejszy, należy go powiększyć, stosując współczynniki podane w poniższej tabeli.
W tablicach są już uwzględnione współczynniki korekcyjne związane z wpływem reaktancji przewodów o dużych przekrojach (≥150 mm²).

Zabezpieczenia w układzie sieci IT

W układzie sieci IT, gdzie masy są połączone, prąd uszkodzeniowy jest właściwie podwójnym prądem uszkodzeniowym. Ponieważ nie można określić, jaki będzie drugi obwód uszkodzeniowy, zakłada się, że będzie taki sam jak poprzedni.
Wzór w tym przypadku wygląda następująco:

$$L_{max} = \frac{1}{2} \times \frac{0{,}8 \times U' \times S_{ph}}{\rho \times (1+m) \times I_a}$$

gdzie:
L_{max}: maksymalna zabezpieczana długość (m),
U': napięcie międzyfazowe między przewodami fazowymi, jeżeli przewód neutralny nie jest prowadzony lub napięcie fazowe między przewodem fazowym i neutralnym, jeżeli przewód neutralny jest prowadzony (V),
S_a: przekrój przewodu czynnego obwodu uszkodzeniowego (mm²) – przewodu fazowego, jeśli przewód neutralny nie jest prowadzony i przewodu neutralnego, jeśli przewód neutralny jest prowadzony,
m: stosunek S_a/S_{ph} (przekroju przewodu czynnego do przekroju przewodu fazowego),
ρ: rezystywność materiału, z którego jest wykonana żyła przewodu (Ω mm²/m),
I_a: prąd zadziałania wyzwalacza wyłącznika.
Jeżeli przewód neutralny jest prowadzony, a jego przekrój jest mniejszy od przekroju przewodów fazowych, rzeczywisty (mniejszy) przekrój przewodu neutralnego należy odczytywać z tablic.

Współczynniki korekcyjne dla maksymalnych zabezpieczanych długości przewodów w zależności od układu sieci i przekroju przewodu ochronnego

	Przewody miedziane					Przewody aluminiowe				
m = S_{PE}/S_{ph}	**1**	**0,5**	**0,33**	**0,25**	**0,2**	**1**	**0,5**	**0,33**	**0,25**	**0,2**
TN 230/400 V	1	0,67	0,5	0,4	0,33	0,62	0,41	0,31	0,25	0,2
IT 400 V bez przewodu N	0,86	0,58	0,43	0,34	0,28	0,53	0,34	0,26	0,21	0,17
IT 230/400 V z przewodem N	0,5	0,33	0,25	0,2	0,16	0,31	0,2	0,15	0,12	0,1

Zabezpieczenie przed porażeniem przy dotyku pośrednim

(ciąg dalszy)

Poniższe tabele umożliwiają dobranie maksymalnych długości zabezpieczanych przewodów (m), ale nie podają dopuszczalnych prądów. Wartości I_z omówiono na str. 266 i następnych.

Maksymalne, teoretyczne długości przewodu (m) zabezpieczone wyłącznikami nadprądowymi S 300 przed porażeniem przy dotyku pośrednim – w zależności od przekroju przewodu i zastosowanego aparatu zabezpieczającego(1)

Wyłącznik	S (mm²)	I_n wyłącznika (A)													
		2	4	6	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
Wyłączniki nadprądowe, charakterystyka B	1,5	600	300	200	120	75	60	48	35						
	2,5	1000	500	333	200	125	100	80	63	50					
	4	1600	800	533	320	200	160	128	100	80	64				
	6		1200	800	480	300	240	192	150	120	96	76			
	10			1333	800	500	400	320	250	200	160	127	100		
	16			2133	1280	800	640	512	400	320	256	203	160	128	
	25				200	1250	1000	800	625	500	400	317	250	100	160
	35					1750	1400	1120	875	700	560	444	350	280	224
	50							1660	1250	1000	800	635	500	400	320
Wyłączniki nadprądowe, charakterystyka C	1,5	300	150	100	60	38	30	24	19						
	2,5	500	250	167	100	63	50	40	31	25					
	4	800	400	267	160	100	80	64	50	40	32				
	6		600	400	240	150	120	96	75	60	48	38			
	10			667	400	250	200	160	125	100	80	63	50		
	16			1067	640	400	320	256	200	160	128	102	80	64	
	25				1000	625	500	400	313	250	200	159	125	100	80
	35					875	700	560	438	350	280	222	175	140	112
	50							800	625	500	400	317	250	200	160
Wyłączniki nadprądowe, charakterystyka D	1,5	150	75	50	30	19	15	12	9						
	2,5	250	125	83	50	31	25	20	16	13					
	4	400	200	133	80	50	40	32	25	20	16				
	6		300	200	120	75	60	48	38	30	24	19			
	10			333	200	125	100	80	63	50	40	32	25		
	16			233	320	200	160	128	100	80	64	51	40	32	
	25				500	313	250	200	156	125	100	79	63	50	40
	35					438	350	280	219	175	140	111	88	70	56
	50							400	313	250	200	159	125	100	80

(1) **Uwaga**: Podano wartości dla przewodów miedzianych w sieci jednofazowej 230 V lub trójfazowej 400 V z przewodem neutralnym (przekrój przewodu neutralnego = przekrój przewodu fazowego), dla innych typów przewodów lub obwodów należy przyjąć współczynnik korekcyjny (patrz str. 297).

Maksymalne, teoretyczne długości przewodu (m) zabezpieczone wyłącznikami DPX przed porażeniem przy dotyku pośrednim – w zależności od przekroju przewodu i nastawy wyłącznika DPX(1)

Nastawa I_m wyzwalacza elektromagnetycznego DPX		90	100	125	160	200	250	320	400	500	700	800	875	1000
Przekrój S przewodu (mm²)	1,5	56	50	40	31	25	20	16	13	10	7	6	6	5
	2,5	93	83	67	52	42	33	26	21	17	12	10	10	8
	4	148	133	107	83	67	53	42	33	27	19	17	15	13
	6	222	200	160	125	100	80	63	50	40	29	25	23	20
	10	370	333	267	208	167	133	104	83	67	48	42	38	33
	16	593	533	427	333	267	213	167	133	107	76	67	61	53
	25			667	521	417	333	260	208	167	119	104	95	83
	35					583	467	365	292	233	167	146	133	117
	50						667	521	417	333	238	208	190	167
	70							729	583	467	333	292	267	233
	95										452	396	362	317
	120											500	457	400
	150												497	435
	185													514

Nastawa I_m wyzwalacza elektromagnetycznego DPX		1120	1250	1600	2000	2500	3200	4000	5000	6300	8000	12 500	16 000
Przekrój S przewodu (mm²)	1,5	4	4	5									
	2,5	7	7	5	4	3	3						
	4	12	11	8	7	5	4	3	3				
	6	18	16	13	10	8	6	5	4	3			
	10	30	27	21	17	13	10	8	7	5	4		
	16	48	43	33	27	21	17	13	11	8	7	4	3
	25	74	67	52	42	33	26	21	17	13	10	7	5
	35	104	93	73	58	47	36	29	23	19	15	9	7
	50	149	133	104	83	67	52	42	33	26	21	13	10
	70	208	187	146	117	93	73	58	47	37	29	19	15
	95	283	253	198	158	127	99	79	63	50	40	25	20
	120	357	320	250	200	160	125	100	80	63	50	32	25
	150	388	348	272	217	174	136	109	87	69	54	35	27
	185	459	411	321	257	206	161	128	103	82	64	41	32
	240	571	512	400	320	256	200	160	128	102	80	51	40
	300			500	400	320	250	200	160	127	100	64	50

(1) **Uwaga**: Podano wartości dla przewodów miedzianych w sieci jednofazowej 230 V lub trójfazowej 400 V z przewodem neutralnym (przekrój przewodu neutralnego = przekrój przewodu fazowego), dla innych typów przewodów lub obwodów należy przyjąć współczynnik korekcyjny (patrz str. 297).

Przykład:

W przykładzie podanym na str. 309 dokładne obliczenie prądu zwarciowego dla przewodu „Odpływ 2" pokazuje, że zabezpieczenie przed porażeniem przy dotyku pośrednim zapewnia wyłącznik DPX 250 ER (I_m = 2500 A) zainstalowany na początku obwodu.

Tablice podają dokładnie taki sam wynik. W tabeli „Wyłączniki DPX" dla przekroju przewodu fazowego 70 mm² i nastawy wyzwalacza elektromagnetycznego 2500 A maksymalna zabezpieczana długość wynosi 93 m.

Wiedząc, że stosunek m (przekrojów przewodów PE do fazowych) wynosi 0,5, należy (w układzie sieci TN) zastosować współczynnik powiększający 0,67 (patrz poprzednia tabela). Faktycznie zabezpieczana długość wynosi 62 m, odpowiada więc rzeczywistej długości przewodu, która wynosi 50 m.

Zabezpieczenie przed porażeniem przy dotyku pośrednim

(ciąg dalszy)

Maksymalne, teoretyczne długości przewodu (m) zabezpieczone wkładkami topikowymi przed porażeniem przy dotyku pośrednim – w zależności od przekroju przewodu i rodzaju wkładki topikowej (1)

	S (mm²)	Znamionowy prąd wkładek topikowych (A)																			
		16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
aM	1,5	28	23	18	14	11	9	7	6	5	4										
	2,5	47	38	30	24	19	15	12	9	8	6	5									
	4	75	60	48	36	30	24	19	15	12	10	8	6	5	4						
	6	113	90	72	57	45	36	29	23	18	14	11	9	7	6	5	4				
	10	188	151	121	94	75	60	48	36	30	24	19	15	12	10	8	6	5	4		
	16	301	241	193	151	121	96	77	60	48	39	30	24	19	15	12	10	6	6	5	4
	25	470	377	302	236	188	151	120	94	75	60	47	38	30	24	19	15	12	9	8	6
	35	658	627	422	330	264	211	167	132	105	84	66	53	42	33	26	21	17	13	11	8
	50	891	714	572	447	357	286	227	179	144	115	90	72	57	46	36	29	23	18	14	11
	70			845	660	527	422	335	264	211	169	132	105	84	67	53	42	33	26	21	17
	95				895	716	572	454	358	286	229	179	143	115	91	72	67	45	36	29	23
	120					904	723	574	452	362	289	226	181	145	115	90	72	57	45	36	29
	150						794	630	496	397	317	248	198	159	126	99	79	63	50	40	32
	185							744	586	469	375	293	234	188	149	117	94	74	59	47	38
	240								730	584	467	365	292	234	185	146	117	93	73	58	47
	300									702	582	439	351	281	223	175	140	111	88	70	66

	S (mm²)	Znamionowy prąd wkładek topikowych (A)																			
		16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
gG	1,5	53	40	32	22	18	13	11	7	6	4	3									
	2,5	88	66	53	36	31	21	18	12	9	7	6	4								
	4	141	106	85	58	33	29	19	15	11	9	8	6	4							
	6	212	159	127	87	73	60	43	29	22	16	14	10	8	6	4					
	10	353	265	212	145	122	84	72	48	37	27	23	16	14	10	7	6	4			
	16	566	424	339	231	196	134	116	77	69	43	36	25	22	15	12	9	7	6	4	
	25	884	663	530	381	306	209	181	120	92	67	57	40	35	24	18	14	11	8	6	4
	35		928	742	606	428	293	263	169	129	94	80	56	48	34	26	20	15	11	9	6
	50				667	581	398	343	229	176	128	108	76	66	46	35	27	20	15	12	8
	70					856	586	506	337	259	189	159	111	97	67	52	39	30	22	17	11
	95						795	887	458	351	256	151	131	92	70	63	29	41	29	23	16
	120							868	578	444	323	273	191	166	116	89	67	52	37	29	20
	150								615	472	343	290	203	178	123	94	71	54	39	31	21
	185								714	547	399	336	235	205	142	110	82	64	46	36	24
	240									666	485	409	286	249	173	133	100	77	55	44	29
	300										566	477	334	290	202	155	117	90	65	51	34

(1) **Uwaga:** Podano wartości dla przewodów miedzianych w sieci jednofazowej 230 V lub trójfazowej 400 V z przewodem neutralnym (przekrój przewodu neutralnego = przekrój przewodu fazowego), dla innych typów przewodów lub obwodów należy przyjąć współczynnik korekcyjny (patrz str. 297).
Uwaga: Należy uwzględnić reaktancję przewodów o przekroju powyżej 300 mm².

ROZWIĄZANIA, KTÓRE STOSUJE SIĘ, JEŻELI NIE SĄ SPEŁNIONE WARUNKI ZABEZPIECZEŃ

W układach sieci TN i IT, gdy spełnienie warunków doboru zabezpieczeń nie jest zadowalające lub nie ma możliwości ich sprawdzenia, można zastosować kilka innych rozwiązań:

Zastosowanie wyłączników różnicowoprądowych

Podwyższona wartość prądu uszkodzeniowego umożliwia zastosowanie wyłączników różnicowoprądowych o niskiej czułości. Podobnie jak w układzie sieci TT nie ma potrzeby sprawdzania wartości prądu uszkodzeniowego.

Zastosowanie wyłączników o charakterystyce B

Poziom zadziałania wyzwalaczy elektromagnetycznych tych aparatów jest niski, co umożliwia zabezpieczanie przewodów o dużej długości. Jedynym minusem tego rozwiązania mogą być nieoczekiwane wyłączenia. Następuje to najczęściej, gdy do obwodu przyłączone są odbiorniki o dużych prądach rozruchu (transformatory, silniki, itp.).

Zwiększanie przekrojów przewodów

Stosuje się zwiększenie przekrojów przewodów, tak aby zwiększyć prąd zwarciowy do odpowiedniej wartości, która spowoduje wyzwolenie aparatów zabezpieczających przed przetężeniami.

Wykonywanie połączeń ekwipotencjalnych

Połączenia te muszą łączyć ze sobą wszystkie elementy przewodzące, jednocześnie dostępne, takie jak masy urządzeń, metalowe elementy konstrukcji. Do połączeń ekwipotencjalnych muszą być podłączone przewody ochronne gniazd. Skuteczność tego rozwiązania sprawdza się przez pomiar rezystancji między jednocześnie dostępnymi masami.

< Pomiar wartości prądu zwarciowego na końcu linii umożliwia praktyczne sprawdzenie zabezpieczeń.

Obliczanie prądów zwarciowych – przykłady obliczeń

Sprawą podstawową podczas doboru urządzeń jest określanie wartości prądów zwarciowych w każdym punkcie instalacji. Należy zacząć od oszacowania tej wartości na początku obwodu, a następnie w jakimkolwiek jego punkcie. Istnieje wiele metod, których wybór zależy od wielkości instalacji, od dostępnych danych itp.

Metody obliczeń wartości prądów zwarciowych to:
- metoda impedancji,
- metoda konwencjonalna,
- metoda uproszczona.

■ Metoda impedancji polega na zliczeniu wartości rezystancji i reaktancji pętli zwarciowych od źródła do wybranego punktu i na obliczeniu impedancji. Poszczególne prądy zwarciowe oblicza się, stosując prawo Ohma. Metodę można zastosować, gdy znane są wszystkie elementy składowe pętli zwarciowej.

■ Podstawą metody konwencjonalnej jest założenie, że w momencie wystąpienia zwarcia napięcie na początku obwodu wynosi 80% znamionowego napięcia instalacji. Metodę tę stosuje się, gdy prądy zwarciowe na początku obwodu i parametry powyżej instalacji nie są znane; pozwala ona na określenie minimalnych prądów zwarciowych i opracowanie tablic z maksymalnymi wartościami zabezpieczeń (patrz str. 288 i 296). Można ją stosować w przypadku obwodów oddalonych od źródła i niezasilanych przez zespoły prądotwórcze.

■ Metodę uproszczoną stosuje się, gdy wartości prądów zwarciowych na początku obwodu są znane, natomiast nieznane pozostają parametry instalacji powyżej. Metoda pozwala na określenie maksymalnych prądów zwarciowych w każdym punkcie instalacji.

WARTOŚĆ PRĄDU ZWARCIOWEGO NA POCZĄTKU OBWODU

1 ZASILANIE PRZEZ TRANSFORMATOR SN/nN

W przypadku zasilania przez transformator SN/nN należy uwzględnić impedancję transformatora i impedancję sieci SN powyżej.

Impedancja sieci SN

Impedancję sieci SN, od strony nN, podaje zakład energetyczny. Można ją też zmierzyć lub obliczyć według wzorów:

$$Z_Q = \frac{(m \times U_n)^2}{S_{kQ}} \quad \text{(wartość w m}\Omega\text{)}$$

gdzie:
m: współczynnik obciążenia, który wynosi 1,05,
U_n: napięcie znamionowe instalacji między fazami (V),
S_{kQ}: moc prądu zwarciowego w sieci SN (kVA).
Gdy zakład energetyczny nie poda dokładnych danych, instrukcję, w jaki sposób obliczyć rezystancję i reaktancję, można znaleźć w normie IEC 909:

$R_Q = 0{,}1 \times X_Q$ i $X_Q = 0{,}995 \times Z_Q$ (wartość w mΩ).

Standardowo przyjmuje się S_{kQ} = 500 MVA

Impedancja transformatora

$$Z_S = \frac{(m \times U_n)^2}{S_{Tr}} \times \frac{U_{cc}}{100} \quad \text{(wartość w m}\Omega\text{)}$$

gdzie:
m: współczynnik obciążenia, który wynosi 1,05,
U_n: napięcie znamionowe instalacji między fazami (V),
S_{Tr}: moc znamionowa transformatora (kVA),
U_{CC}: napięcie zwarciowe transformatora (%).

Producenci podają czasem wartości rezystancji i reaktancji. Jeżeli wartości te nie zostały podane, można je obliczyć za pomocą wzorów:

$R_S = 0{,}31 \times Z_S$ i $X_S = 0{,}95 \times Z_S$ (wartość w mΩ).

Poniższe tabele podają wartości rezystancji, reaktancji i maksymalnych prądów zwarciowych w instalacjach trójfazowych (impedancja SN wynosi zero) dla transformatorów olejowych i suchych.

Uwaga: Wartości prądów zwarciowych podawane w katalogach producentów mogą być nieznacznie niższe, gdyż są obliczane dla napięcia 410 V.

Transformatory trójfazowe, olejowe. Spełniają wymogi normy EN 60076-1. Wartości obliczone dla napięcia 420 V

S (kVA)	50	100	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
I_n (A)	69	137	220	275	344	433	550	687	866	1100	1375	1718	2200	2749	3437
U_{cc} (%)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	6	6	6	6	6	6
I_{k3} (kA)	1,81	3,61	5,78	7,22	9,03	11,37	14,44	18,05	22,75	19,26	24,07	30,09	38,52	48,15	60,18
R_{TR} (mΩ)	43,75	21,9	13,7	10,9	8,75	6,94	5,47	4,38	3,47	4,10	3,28	2,63	2,05	1,64	1,31
X_{TR} (mΩ)	134,1	67	41,9	33,5	26,8	21,28	16,76	13,41	10,64	12,57	10,05	8,04	6,28	5,03	4,02

Transformatory trójfazowe, suche. Spełniają wymogi normy EN 60076-1. Wartości obliczone dla napięcia 420 V

S (kVA)	100	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
I_n (A)	137	220	344	344	433	550	687	866	1100	1375	1718	2199	2479	3437
U_{cc} (%)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
I_{k3} (kA)	2,41	3,85	4,81	6,02	7,58	9,63	12,04	15,17	19,26	24,07	30,09	38,52	48,15	60,18
R_{TR} (mΩ)	32,8	20,5	16,4	13,1	10,42	8,2	6,52	5,21	4,10	3,28	2,63	2,05	1,64	1,31
X_{TR} (mΩ)	100	62,8	50,3	40,2	31,9	25,1	20,11	15,96	12,57	10,05	8,04	6,28	5,03	4,02

Obliczanie prądów zwarciowych – przykłady obliczeń (ciąg dalszy)

Połączenie równoległe transformatorów

Aby zapewnić poprawne działanie transformatorów połączonych równolegle (patrz str. 44), należy sprawdzić:
- czy przekładnie transformatorów są takie same,
- czy wskaźnik godzinowy jest taki sam,
- czy takie samo jest napięcie zwarciowe (tolerancja 10%),
- czy stosunek mocy znamionowych mieści się w przedziale między 0,5 i 2.

■ Określanie zdolności zwarciowych wyłącznika źródła (np. wyłącznik D1)
Zdolność zwarciowa musi być co najmniej równa największej wartości maksymalnego zwarcia (I_{ccT1}) generowanego przez transformator T1 (w przypadku zwarcia poniżej wyłącznika D1) i sumie wszystkich zwarć (I_{ccT2} + I_{ccT3}) generowanych przez inne sprzężone transformatory (w przypadku zwarcia powyżej wyłącznika D1).

■ Zdolność zwarciowa wyłącznika zainstalowanego na odpływie (np. wyłącznik D4)
Zdolność zwarciowa wyłącznika odpływowego musi być co najmniej równa sumie wszystkich maksymalnych prądów zwarciowych generowanych przez sprzężone transformatory (I_{ccT1} + I_{ccT2} + I_{ccT3}).

2 ZASILANIE Z SIECI PUBLICZNEJ

Ograniczony pobór mocy

W przypadku poboru mocy ≤36 kVA i zastosowanego zabezpieczenia powyżej w instalacji należy przyjąć maksymalną wartość spodziewanego zwarcia.

Kontrolowany pobór mocy

W przypadku poboru mocy od 36 do 250 kVA wartości potrzebne do obliczenia maksymalnych zwarć (moce i napięcia zwarć transformatora, długości i przekroje linii między transformatorem i miejscem dostawy energii) podaje „zakład energetyczny". Jeżeli nie można ich uzyskać, należy przyjąć następujące wartości:
P = 1000 kVA, U_{cc} = 6%,
S_{Ph} = 240 mm² Aluminium, L = 15 m.

3 ZASILANIE PRZEZ AGREGAT PRĄDOTWÓRCZY

Wartości prądu zwarciowego można wyliczyć w następujący sposób:

$$I_{k3} = \frac{c \times m \times U_0}{X'_d}$$

$$I_{k2} = \frac{\sqrt{3}}{2} \times I_{k3}$$

$$I_{k1} = \frac{3 \times c \times m \times U_0}{2 \times X'_d + X_0}$$

(reaktancja przejściowa w mΩ) i

$$X'_d = \frac{U_n^2}{S_G} \times \frac{x'_d}{100}$$

(reaktancja jednobiegunowa w mΩ)

m: współczynnik obciążenia, przyjmuje się wartość 1,05,
c: współczynnik napięcia równy 1,05 dla wartości maksymalnych i 0,95 dla wartości minimalnych,
U_n: napięcie znamionowe między fazami (V),
U_0: napięcie między fazą a przewodem neutralnym (V),
S_G: moc generatora (kVA),
x'_d: reaktancja przejściowa (%), przyjmuje się 30%, jeżeli nie ma dokładnych danych,
x_0: reaktancja jednobiegunowa (%), przyjmuje się 6%, jeżeli nie ma dokładnych danych.

Poziomy prądów zwarciowych trójfazowych maksymalnych generatora w zależności od mocy (U_n = 400 V i X'_d = 30%)

P (kVA)	100	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
I_{k3max} (kA)	0,53	0,85	1,06	1,33	1,67	2,12	2,65	3,34	4,24	5,30	6,63

Z powodu podwyższonej impedancji zespoły prądotwórcze generują dużo mniejsze prądy zwarciowe niż transformatory o podobnej mocy. Zdolności zwarciowe aparatów zabezpieczających będą mniejsze, natomiast trudniej jest wykonać zabezpieczenie przed minimalnymi zwarciami i porażeniem przy dotyku pośrednim.
Zwarcie, które pojawia się na zaciskach generatora, można rozłożyć na trzy okresy:
- okres wstępny, od 10 do 20 ms, podczas którego poziom prądu zwarciowego jest najwyższy (>5 I_n)
- okres przejściowy, do 200-300 ms, podczas którego poziom prądu zwarciowego wynosi 3-5 I_n
- poziom prądu zwarciowego stabilizuje się do poziomu w granicach 0,3-0,5 I_n w zależności od rodzaju wzbudzenia generatora.

W przypadku generatorów wartość prądu zwarciowego dwufazowego może być mniejsza od wartości prądu zwarciowego jednofazowego. W takiej sytuacji w obliczeniach, w których potrzebna jest znajomość minimalnego zwarcia (długości linii, zabezpieczenie przed dotykiem pośrednim itp.), należy zastosować wartość prądu zwarciowego dwufazowego (I_{k2}).

Gdy instalacja jest zasilana z kilku różnych źródeł, np. jednego lub kilku transformatorów, z których jeden stanowi podstawowe źródło zasilania, a drugi źródło zastępcze (lub awaryjne), aparaty zabezpieczające muszą być dobrane do parametrów różnych rodzajów źródeł.
Maksymalne prądy zwarciowe oblicza się, sumując maksymalne prądy zwarciowe, które mogą generować wszystkie źródła mogące działać równocześnie i osiągać maksymalną wartość zwarć. Mamy tu na myśli głównie transformatory łączone równolegle. Prądy zwarciowe minimalne oblicza się, sumując poziomy minimalnych prądów zwarciowych generowanych przez każde źródło i przyjmując wartość minimalną.

Obliczanie prądów zwarciowych – przykłady obliczeń (ciąg dalszy)

WARTOŚĆ PRĄDU ZWARCIA W DOWOLNYM PUNKCIE OBWODU

1 METODA IMPEDANCJI

Stosując tę metodę, można określić wartość prądu zwarcia w dowolnym punkcje instalacji – sumując rezystancje i reaktancje pętli zwarciowej od źródła do danego punktu i obliczając impedancję.
Wartości prądu zwarcia oblicza się, korzystając z prawa Ohma (wzór ogólny):

$$I_{cc} = \frac{c \times m \times U_0}{Z_{cc}} = \frac{c \times m \times U_0}{\sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2}}$$

gdzie:
c: przyjęty współczynnik napięcia 0,95 dla zwarć minimalnych i 1,05 dla zwarć maksymalnych,
m: przyjęty współczynnik obciążenia 1,05,
U_0: napięcie instalacji między fazą a przewodem neutralnym (V),

Reaktancja liniowa stosowana w zależności od rodzaju i sposobu układania kabla

Rodzaje kabli i sposoby układania	Reaktancja liniowa λ (mΩ/m)
Kable wielożyłowe lub jednożyłowe połączone galwanicznie	0,08
Kable jednożyłowe w wiązkach układane warstwowo	0,09
Kable jednożyłowe układane oddzielnie	0,13

Rezystancja właściwa materiału przewodów stosowana w zależności od rodzaju obliczanego zwarcia (ρ_0: rezystancja właściwa przy 20°C)

Uszkodzenie	Rezystancja właściwa	Cu (mm²/m)	Al (Ω mm²/m)
I_{cc} maksymalne	ρ_0	0,01851	0,0294
I_{cc} minimalne	Wyłącznik $\rho_1 = 1,25\ \rho_0$	0,02314	0,0368
	Bezpiecznik topikowy $\rho_1 = 1,5\ \rho_0$	0,02777	0,0441
I_f	$\rho_1 = 1,25\ \rho_0$	0,02314	0,0368
Ograniczenia termiczne	$\rho_1 = 1,25\ \rho_0$	0,02314	0,0368

Z_{CC}: całkowita impedancja pętli zwarcia w danym punkcie; jest to suma wektorowa rezystancji i reaktancji danej pętli:

$$R = \rho \times 10^3 \frac{L}{n_c \times S_c} \quad (m\Omega)$$

gdzie:
ρ: rezystancja właściwa materiału przewodu (Ωmm²/m) (patrz tabelka obok),
S_c: przekrój przewodu (mm²),
n_c: liczba przewodów układanych równolegle
L: długość przewodu (m).

$$X = \lambda \frac{L}{n_c} \quad (m\Omega)$$

gdzie:
λ: reaktancja liniowa przewodu (mΩ/m) (patrz tabelka obok),
S_c: przekrój przewodu (mm²),
n_c: liczba przewodów układanych równolegle,
L: długość przewodu (m).

2 METODA UPROSZCZONA

Jest to sposób uproszczony – jeżeli znany jest prąd zwarciowy na początku obwodu (patrz poprzedni paragraf), można określić prąd zwarciowy spodziewany I_{k3} na końcu instalacji o podanej długości i przekroju przewodu.
Metodę tę stosuje się w instalacjach, których moc nie przekracza 800 kVA.
Maksymalny prąd zwarciowy w jakimkolwiek punkcie instalacji określa się, korzystając z tabeli, która znajduje się na następnej stronie, na podstawie:
- spodziewanej wartości prądu zwarcia na początku instalacji,
- długości linii,
- rodzaju i przekroju przewodów.

Obliczanie zwarć minimalnych i maksymalnych na postawie ogólnego wzoru

Prąd zwarcia trójfazowego:

$$I_{k3max} = \frac{c_{max} \times m \times U_0}{\sqrt{\left(R_Q + R_S + R_{Pha} + \rho_0 \frac{L}{S_{Ph} \times n_{Ph}}\right)^2 + \left(X_Q + X_S + X_{Pha} + \lambda \frac{L}{n_{Ph}}\right)^2}}$$

Prąd zwarcia dwufazowego:

$$I_{k2max} = \frac{\sqrt{3}}{2} \times I_{cc3max}$$

Aby obliczyć wartość minimalną prądu zwarcia dwufazowego, należy zastąpić:
- wartość ρ_0 wartością ρ_1 w przypadku zabezpieczenia wyłącznikiem i ρ_2 w przypadku zabezpieczenia topikowego,
- wartość c_{max} wartością c_{min}.

Prąd zwarcia jednofazowego – faza/przewód neutralny:

$$I_{k1max} = \frac{c_{max} \times m \times U_0}{\sqrt{\left[R_Q + R_S + R_{Pha} + R_{Na} + \rho_0 \times L\left(\frac{1}{S_{Ph} \times n_{Ph}} + \frac{1}{S_N \times n_N}\right)\right]^2 + \left[X_Q + X_S + X_{Pha} + X_{Na} + \lambda \times L\left(\frac{1}{n_{Ph}} + \frac{1}{n_N}\right)\right]^2}}$$

Aby obliczyć wartość minimalną prądu jednofazowego, należy zastąpić:
- wartość ρ_0 wartością ρ_1 w przypadku zabezpieczenia wyłącznikiem i ρ_2 w przypadku zabezpieczenia topikowego,
- wartość c_{max} wartością c_{min}.

Prąd zwarciowy:

$$I_f = \frac{c_{min} \times m \times \alpha \times U_0}{\sqrt{\left[R_Q + R_S + R_{Pha} + R_{PEa} + \rho_1 \times L\left(\frac{1}{S_{Ph} \times n_{Ph}} + \frac{1}{S_{PE} \times n_{PE}}\right)\right]^2 + \left[X_Q + X_S + X_{Pha} + X_{PEa} + \lambda \times L\left(\frac{1}{n_{Ph}} + \frac{1}{n_{PE}}\right)\right]^2}}$$

c_{max}, c_{min}: przyjęty współczynnik napięcia 0,95 dla zwarć minimalnych i 1,05 dla zwarć maksymalnych,
m: współczynnik obciążenia 1,05,
α: 1 w układzie sieci TN; 0,86 w układzie sieci IT bez przewodu neutralnego; 0,5 w układzie sieci IT z przewodem neutralnym,
U_0: napięcie instalacji między fazą a przewodem neutralnym (V),
R_Q, X_Q: rezystancja i reaktancja sieci SN,
R_S, X_S: zastępcza rezystancja i reaktancja źródła,
R_{Pha}, X_{Pha}: rezystancja i reaktancja przewodu fazowego od źródła do początku odpowiedniego przewodu; jest to suma rezystancji R i reaktancji X kabli instalacji powyżej,
R_{Na}, X_{Na}: rezystancja i reaktancja przewodu neutralnego od źródła do początku odpowiedniego przewodu; jest to suma rezystancji R i reaktancji X kabli instalacji powyżej,
R_{PEa}, X_{PEa}: rezystancja i reaktancja przewodu ochronnego od źródła do początku odpowiedniego przewodu; jest to suma rezystancji R i reaktancji X kabli instalacji powyżej,
ρ_0, ρ_1, ρ_2: rezystancje właściwe materiału przewodów,
λ: reaktancja liniowa przewodów (patrz tabela na poprzedniej stronie),
L: długość obwodu (m),
S_{Ph}, n_{Ph}: przekrój i liczba przewodów ułożonych równolegle na fazę obwodu,
S_N, n_N: przekrój i liczba przewodów ułożonych równolegle na przewód neutralny obwodu,
S_{PE}, n_{PE}: przekrój i liczba przewodów ułożonych równolegle na przewód PE obwodu.

Obliczanie prądów zwarciowych – przykłady obliczeń (ciąg dalszy)

Przykład

■ 1 część:
- I_{cc} na początku obwodu: 25 kA,
- przewód miedziany: 120 mm²,
- długość: 75 m (73 m),
→ I_{cc} poniżej: 11,9 kA.

■ 2 część:
- I_{cc} powyżej: 11,9 kA zaokrąglone do 15 kA,
- przewód miedziany: 6 mm²,
- długość: 25 m (22 m),
→ I_{cc} poniżej: 2,4 kA.

Przewody miedziane	Przekrój przewodów fazowych (mm²)	Długość instalacji (m)																					
230/400 V	1,5														1,3	1,8	2,6	3,6	5,1	7,3	10,3	15	21
	2,5												1,1	1,5	2,1	3,0	4,3	6,1	8,6	12	17	24	34
	4												1,7	1,9	2,6	3,7	5,3	7,4	10,5	15	21	30	42
	6											1,4	2,0	2,8	4,0	5,6	7,9	11,2	16	22	32	45	63
	10										2,1	3,0	4,3	6,1	8,6	12,1	17	24	34	48	68	97	137
	16								1,7	2,4	3,4	4,8	6,8	9,7	14	19	27	39	55	77	110	155	219
	25						1,3	1,9	2,7	3,8	5,4	7,6	10,7	15	21	30	43	61	86	121	171	242	342
	35						1,9	2,6	3,7	5,3	7,5	10,6	15	21	30	42	60	85	120	170	240	339	479
	50					1,8	2,5	3,6	5,1	7,2	10,2	14	20	29	41	58	81	115	163	230	325	460	
	70					2,6	3,7	5,3	7,5	10,6	15	21	30	42	60	85	120	170	240	339			
	95				2,5	3,6	5,1	7,2	10,2	14	20	29	41	58	81	115	163	230	325	460			
	120 →		1,6	2,3	3,2	4,5	6,4	9,1	13	18	26	36	51	73	103	145	205	291	411				
	150	1,2	1,7	2,5	3,5	4,9	7,0	9,9	14	20	28	39	56	79	112	158	223	316	447				
	185	1,5	2,1	2,9	4,1	5,8	8,2	11,7	16	23	33	47	66	93	132	187	264	373	528				
	240	1,8	2,6	3,6	5,1	7,3	10,3	15	21	29	41	58	82	116	164	232	329	465	658				
	300	2,2	3,1	4,4	6,2	8,7	12,3	17	25	35	49	70	99	140	198	279	395	559					
	2 x 120	2,3	3,2	4,5	6,4	9,1	12,8	18	26	36	51	73	103	145	205	291	411	581					
	2 x 150	2,5	3,5	4,9	7,0	9,9	14	20	28	39	56	79	112	158	223	316	447	632					
	2 x 185	2,9	4,1	5,8	8,2	11,7	16,5	23	33	47	66	93	132	187	264	373	528	747					
	3 x 120	3,4	4,8	6,8	9,6	13,6	19	27	39	54	77	109	154	218	308	436	616						
	3 x 150	3,7	5,2	7,4	10,5	14,8	21	30	42	59	84	118	168	237	335	474	670						
	2 x 240	3,6	5,2	7,2	10,2	14,6	21	30	42	58	82	116	164	232	328	464	658						
	3 x 185	4,4	6,2	8,8	12,4	17,5	25	35	49	70	99	140	198	280	396	560							
	4 x 185	3,8	8,2	11,6	16,4	23	33	46	66	94	132	186	264	374	528	746							
	4 x 240	7,2	10,4	14,4	20	29	41	60	84	116	164	232	328	464	656								
I_{cc}		Prąd zwarciowy na danym poziomie (I_{cc} poniżej w kA)																					
I_{cc} powyżej (kA)	100	93,5	91,1	87,9	83,7	78,4	71,9	64,4	56,1	47,5	39,0	31,2	24,2	18,5	13,8	10,2	7,4	5,4	3,8	2,8	2,0	1,4	1,0
	90	82,7	82,7	80,1	76,5	72,1	66,6	60,1	52,8	45,1	37,4	30,1	23,6	18,1	13,6	10,1	7,3	5,3	3,8	2,7	2,0	1,4	1,0
	80	74,2	74,2	72,0	69,2	65,5	61,0	55,5	49,2	42,5	35,6	28,9	22,9	17,6	13,3	9,9	7,3	5,3	3,8	2,7	2,0	1,4	1,0
	70	65,5	65,5	63,8	61,6	58,7	55,0	50,5	45,3	39,5	33,4	27,5	22,0	17,1	13,0	9,7	7,2	5,2	3,8	2,7	1,9	1,4	1,0
	60	56,7	56,7	55,4	53,7	51,5	48,6	45,1	40,9	36,1	31,0	25,8	20,9	16,4	12,6	9,5	7,1	5,2	3,8	2,7	1,9	1,4	1,0
	50	47,7	47,7	46,8	45,6	43,9	41,8	39,2	36,0	32,2	28,1	23,8	19,5	15,6	12,1	9,2	6,9	5,1	3,7	2,7	1,9	1,4	1,0
	40	38,5	38,5	37,9	37,1	36,0	34,6	32,8	30,5	27,7	24,6	21,2	17,8	14,5	11,4	8,8	6,7	5,0	3,6	2,6	1,9	1,4	1,0
	35	33,8	33,8	33,4	32,8	31,9	30,8	29,3	27,5	25,2	22,6	19,7	16,7	13,7	11,0	8,5	6,5	4,9	3,6	2,6	1,9	1,4	1,0
	30	29,1	29,1	28,8	28,3	27,7	26,9	25,7	24,3	22,5	20,4	18,0	15,5	12,9	10,4	8,2	6,3	4,8	3,5	2,6	1,9	1,4	1,0
	25 →	24,4	24,4	24,2	23,8	23,4	22,8	22,0	20,9	19,6	18,0	16,1	14,0	11,9	9,8	7,8	6,1	4,6	3,4	2,5	1,9	1,3	1,0
	20	19,6	19,6	19,5	19,2	19,0	18,6	18,0	17,3	16,4	15,2	13,9	12,3	10,6	8,9	7,2	5,7	4,4	3,3	2,5	1,8	1,3	1,0
	15	14,8	14,8	14,7	14,6	14,4	14,2	13,9	13,4	12,9	12,2	11,3	10,2	9,0	7,7	6,4	5,2	4,1	3,2	2,4	1,8	1,3	0,9
	10	9,9	9,9	9,9	9,8	9,7	9,6	9,5	9,3	9,0	8,6	8,2	7,6	6,9	6,2	5,3	4,4	3,6	2,9	2,2	1,7	1,2	0,9
	7	7,0	7,0	6,9	6,9	6,9	6,8	6,7	6,6	6,5	6,3	6,1	5,7	5,3	4,9	4,3	3,7	3,1	2,5	2,0	1,6	1,2	0,9
	5	5,0	5,0	5,0	5,0	4,9	4,9	4,9	4,8	4,7	4,6	4,5	4,3	4,1	3,8	3,5	3,1	2,7	2,2	1,8	1,4	1,1	0,8
	4	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,9	3,9	3,9	3,8	3,8	3,7	3,6	3,4	3,2	3,0	2,7	2,3	2,0	1,7	1,3	1,0	0,8
	3	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,9	2,9	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,2	2,0	1,7	1,5	1,2	1,0	0,8
	2	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7	1,6	1,5	1,3	1,2	1,0	0,8	0,7
	1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,5

Przewody aluminiowe	Przekrój przewodów fazowych (mm²)	Długość instalacji (m)																					
230/400 V	2,5														1,3	1,9	2,7	3,8	5,4	7,6	10,8	15	22
	4												1,1	1,5	2,2	3,0	4,3	6,1	8,6	12	17	24	34
	6												1,6	1,7	2,5	3,5	4,9	7,0	9,9	14	20	28	40
	10											1,5	2,1	2,9	4,1	5,8	8,2	11,6	16	23	33	47	66
	16										2,2	3,0	4,3	6,1	8,6	12	17	24	34	49	69	98	138
	25								1,7	2,4	3,4	4,8	6,7	9,5	13	19	27	38	54	76	108	152	216
	35							1,7	2,4	3,3	4,7	6,7	9,4	13	19	27	38	53	75	107	151	213	302
	50						1,6	2,3	3,2	4,5	6,4	9,0	13	18	26	36	51	72	102	145	205	290	410
	70						2,4	3,3	4,7	6,7	9,4	13	19	27	38	53	75	107	151	213	302	427	
	95					2,3	3,2	4,5	6,4	9,0	13	18	26	36	51	72	102	145	205	290	410		
	120					2,9	4,0	5,7	8,1	11,4	16	23	32	46	65	91	129	183	259	366			
	150					3,1	4,4	6,2	8,8	12	18	25	35	50	70	99	141	199	281	398			
	185				2,6	3,7	5,2	7,3	10,4	15	21	29	42	59	83	117	166	235	332	470			
	240		1,6	2,3	3,2	4,6	6,5	9,1	13	18	26	37	52	73	103	146	207	293	414				
	300	1,4	1,9	2,7	3,9	5,5	7,8	11	16	22	31	44	62	88	124	176	249	352	497				
	2 x 120	1,4	2,0	2,9	4,0	5,7	8,1	11,4	16	23	32	46	65	91	129	183	259	366	517				
	2 x 150	1,6	2,2	3,1	4,4	6,2	8,8	12	18	25	35	50	70	99	141	199	281	398					
	2 x 185	1,8	2,6	3,7	5,2	7,3	10,4	15	21	29	42	59	83	117	166	235	332	470					
	2 x 240	2,3	3,2	4,6	6,5	9,1	12,9	18	26	37	52	73	103	146	207	293	414	583					
	3 x 120	2,1	3,0	4,3	6,1	8,6	12,1	17	24	34	48	69	97	137	194	274	388	549					
	3 x 150	2,3	3,3	4,7	6,6	9,3	13,2	19	26	37	53	75	105	149	211	298	422	596					
	3 x 185	2,8	3,9	5,5	7,8	11,0	15,6	22	31	44	62	88	125	176	249	352	498	705					
	2 x 300	2,8	3,8	5,4	7,8	11	16	22	32	44	62	88	124	176	248	352	498						
	3 x 240	3,4	4,8	6,9	9,7	13,7	19	27	39	55	78	110	155	219	310	439	621						
	4 x 240	4,6	6,4	9,2	13	18	26	36	52	74	104	146	206	292	414	586							
	4 x 300	5,6	7,6	10,8	14,6	22	32	44	64	88	124	176	248	352	496	704							

PRZYKŁADY OBLICZEŃ

W niniejszym przykładzie wykonano szczegółowe obliczenia instalacji według metody impedancji. W celu zapewnienia bezpieczeństwa oblicza się wszystkie prądy uszkodzeniowe.
Ponieważ prąd uszkodzeniowy w tym przykładzie jest zawsze mniejszy od prądu zwarcia jednofazowego, posłuży jako punkt odniesienia dla nastawy wyzwalaczy elektromagnetycznych w wyłącznikach.

Podstawowe dane dla tego przykładu:

Jest to instalacja w układzie sieci TN 230/400 V, zasilana przez transformator SN/nN o mocy 630 kVA (U_{cc} = 4%), moc zwarciowa sieci SN wynosi 500 MVA.

S_{kQ} = 500 MVA

Sieć SN

$$Z_Q = \frac{(m \times U_n)^2}{S_{kQ}} = \frac{(1{,}05 \times 400)^2}{500\,000} = 0{,}353\ m\Omega$$

$X_Q = 0{,}995 \times Z_Q = 0{,}351\ m\Omega$ i $R_Q = 0{,}1 \times X_Q = 0{,}035\ m\Omega$

R_Q = 0,035 mΩ	**X_Q = 0,351 mΩ**		

S_{Tr} = 630 kVA
U_{CC} = 4%
I_n = 866 A

Transformator SN/nN

■ **Obliczanie I_{k3}**

$$Z_S = \frac{(m \times U_n)^2}{S_{Tr}} \times \frac{U_{CC}}{100} = \frac{(1{,}05 \times 400)^2}{630} \times \frac{4}{100} = 11{,}2\ m\Omega$$

$R_S = 0{,}31 \times Z_S = 3{,}472\ m\Omega$ i $X_S = 0{,}95 \times Z_S = 10{,}640\ m\Omega$

R_S = 3,472 mΩ	**X_S = 10,640 mΩ**	**ΣR = 3,507 mΩ**	**ΣX = 10,991 mΩ**

$$\Rightarrow I_{k3} = \frac{1{,}05 \times 1{,}05 \times 231}{\sqrt{3{,}507^2 + 10{,}991^2}} = 22{,}07\ kA$$

I_{k3} = 22,07 kA

Kabel miedziany w izolacji PR (polipropylen)
S_{Ph} = 2 x 185 mm²
S_N = 2 x 185 mm²
S_{PE} = 1 x 95 mm²
I_B = 866 A
I_Z = 1 054 A
L = 5 m

Kabel zasilający

■ **Obliczanie I_{k3}**

$$R_c = \rho_0 \times 10^3 \times \frac{L}{n_{ph} \times S_{ph}} = 0{,}01851 \times 10^3 \times \frac{5}{2 \times 185} = 0{,}250\ m\Omega$$

$$X_c = \lambda \times \frac{L}{n_{ph}} = 0{,}08 \times \frac{5}{2} = 0{,}200\ m\Omega$$

R_C = 0,250 mΩ	**X_C = 0,200 mΩ**	**ΣR = 3,757 mΩ**	**ΣX = 11,191 mΩ**

$$\Rightarrow I_{k3} = \frac{1{,}05 \times 1{,}05 \times 231}{\sqrt{3{,}757^2 + 11{,}191^2}} = 21{,}57\ kA$$

Obliczanie prądów zwarciowych – przykłady obliczeń (ciąg dalszy)

■ **Obliczanie I_f**

$$R_c = \rho_1 \times 10^3 \times L \left(\frac{1}{n_{ph} \times S_{ph}} + \frac{1}{n_{PE} \times S_{PE}}\right) = 0{,}02314 \times 10^3 \times 5 \left(\frac{1}{2 \times 185} + \frac{1}{95}\right) = 1{,}53\ m\Omega$$

$$X_c = \lambda \times L \left(\frac{1}{n_{ph}} + \frac{1}{n_{PE}}\right) = 0{,}08 \times 5 \left(\frac{1}{2} + 1\right) = 0{,}600\ m\Omega$$

R_C = 1,531 mΩ	X_C = 0,600 mΩ	ΣR = 5,038 mΩ	ΣX = 11,591 mΩ

$$\Rightarrow I_f = \frac{0{,}95 \times 1{,}05 \times 231}{\sqrt{5{,}038^2 + 11{,}191^2}} = 18{,}23\ kA$$

Dobór i nastawy wyłącznika głównego D1

■ **Prąd znamionowy (I_n)**

Musi być co najmniej równy I_B. Spośród oferowanych rozwiązań wybieramy wyłącznik DPX 1600 A, co pozwoli na ewentualną rozbudowę instalacji w przyszłości.

■ **Zdolność zwarciowa**

PdC(1) ≥ I_{k3} ⇒ PdC ≥ 21,57 kA. Zdolność zwarciowa wyłącznika DPX 1600 A wynosi 50 kA.

■ **Liczba biegunów**

3P + N/2

■ **Nastawa wyzwalacza termicznego (I_r)**

$I_B \le Ir \le I_Z \Rightarrow 866 \le Ir \le 1\,054$ A.

Można wykonać nastawę I_r między $\frac{866}{1600} = 0{,}54$ i $\frac{1054}{1600} = 0{,}64$.

Bierzemy $I_r = 0{,}6 \times I_n$, czyli $I_r = 960$ A.

■ **Nastawa wyzwalacza elektromagnetycznego (I_m)**

$$I_m \le \frac{I_f}{1{,}2}$$

gdzie:

I_f: mniejszy prąd zwarciowy na końcu linii (poziom szyn zasilających)

1,2: przy uwzględnieniu tolerancji 20% na charakterystyce wyzwolenia

$$I_m \le \frac{18230}{1{,}2} \Rightarrow I_m \le 15191\ A$$

Nastawa maksymalna: $I_m = 10 \times I_r = 9600$ A

Szyny zasilające

Pomija się impedancję szyn zasilających.

Dobór i nastawa wyłącznika obwodowego D2

■ **Prąd znamionowy (I_n)**

Musi być co najmniej równy I_B. Wybieramy wyłącznik DPX 250 ER, 250 A.

■ **Zdolność zwarciowa**

PdC ≥ I_{k3} ⇒ PdC ≥ 21,57 kA. Zdolność zwarciowa wyłącznika DPX 250 ER wynosi 50 kA.

■ **Liczba biegunów 3P + N/2**

■ **Nastawa wyzwalacza termicznego (I_r)**

$I_B \le I_r \le I_Z \Rightarrow 250 \le I_r \le 269$ A. Minimalna nastawa wynosi: $I_r = 1 \times I_n = 250$ A.

■ **Nastawa wyzwalacza elektromagnetycznego (I_m)**

$$I_m \le \frac{I_f}{1{,}2} \Rightarrow I_m \le \frac{4390}{1{,}2} \Rightarrow Im \le 3658\ A.$$

Odpowiednia nastawa: $I_m = 10 \times I_n = 2500$ A.

(1) Zdolność zwarciowa aparatu.

Kabel miedziany w izolacji PR (polipropylen)
S_{Ph} = 2 x 70 mm²
S_N = 1 x 35 mm²
S_{PE} = 1 x 35 mm²
I_B = 250 A
I_Z = 269 A
L = 50 m

cosφ = 0,85

Kabel odpływowy

■ **Obliczanie I_{k3} (wartość ta umożliwia dobranie zdolności zwarciowej wyłącznika D3)**

$$R_c = \rho_0 \times 10^3 \times \frac{L}{n_{ph} \times S_{ph}} = 0{,}01851\ 10^3 \times \frac{50}{1 \times 70} = 13{,}221\ m\Omega$$

$$X_c = \lambda \times \frac{L}{n_{ph}} = 0{,}08 \times \frac{50}{1} = 4\ m\Omega$$

R_C = 13,221 mΩ	**X_C = 4 mΩ**	**ΣR = 16,979 mΩ**	**ΣX = 15,191 mΩ**

$$\Rightarrow\ I_{k3} = \frac{1{,}05 \times 1{,}05 \times 231}{\sqrt{16{,}979^2 + 15{,}191^2}} = 11{,}18\ kA$$

■ **Obliczanie I_f**

$$R_c = \rho_1 \times 10^3 \times L \left(\frac{1}{n_{ph} \times S_{ph}} + \frac{1}{n_{PE} \times S_{PE}}\right) = 0{,}02314\ 10^3 \times 50 \left(\frac{1}{70} + \frac{1}{35}\right) = 49{,}586\ m\Omega$$

$$X_c = \lambda \times L \left(\frac{1}{n_{ph}} + \frac{1}{n_{PE}}\right) = 0{,}08 \times 50 \left(1 + 1\right) = 8\ m\Omega$$

R_C = 13,221 mΩ	**X_C = 4 mΩ**	**ΣR = 16,979 mΩ**	**ΣX = 15,191 mΩ**

$$\Rightarrow\ I_f = \frac{0{,}95 \times 1{,}05 \times 231}{\sqrt{54{,}623^2 + 19{,}591^2}} = 4{,}39\ kA$$

■ **Obliczanie spadku napięcia**

$u = b\ (\rho_1 \times \frac{L}{S} \times \cos\varphi + \lambda \times L \times \sin\varphi)\ I_B$

w sieci trójfazowej b =1

$u = (0{,}02314 \times \frac{50}{70} \times 0{,}85 + 0{,}08 \times 10^{-3} \times 50 \times 0{,}527) \times 250 = 4{,}04\ V$

$\Delta u = \frac{4{,}04}{231} \times 100 = 1{,}75\ \%$

Spadek napięcia powyżej wynosi 0,14% (wartość ta została obliczona wcześniej), a zatem całkowity spadek napięcia wynosi 1,89%.

Aparaty łączeniowe i zabezpieczające

Wyłączniki . . . . . str. 314

Wyłączniki powietrzne DMX. . . . . str. 322

Wyłączniki mocy DPX . . . . . str. 338

Wyłączniki nadprądowe S 300 . . . . . str. 360

Rozłączniki . . . . . str. 368

Koordynacja działania aparatów zabezpieczających . . . . . str. 372

Selektywna współpraca aparatów zabezpieczających. . . . . str. 380

Wyłączniki różnicowoprądowe . . . . . str. 390

Ochronniki przeciwprzepięciowe . . . . . str. 400

Oprócz zapewnienia ciągłości zasilania aparaty zabezpieczające spełniają dwie dodatkowe funkcje: zapewnienie ochrony osób i ochrony instalacji. Z kolei głównym zadaniem rozłączników, poza takimi funkcjami jak rozłączanie (funkcyjne i awaryjne), jest sterowanie poszczególnymi obwodami. Rozłączniki nie realizują funkcji zabezpieczania.

Ochrona instalacji elektrycznej polega na zabezpieczeniu przed przeciążeniami i zwarciami (patrz str. 266 i 286). Ochrona osób przed porażeniem przy dotyku pośrednim jest realizowana zgodnie z rodzajem układu sieci i parametrami instalacji (patrz str. 292).
Aparaty firmy Legrand zaspokajają wszystkie potrzeby dotyczące wyłączania i zabezpieczania:
- wyłączniki i rozłączniki powietrzne DMX przeznaczone do rozdzielnic głównych nN (do 4000 A),
- wyłączniki i rozłączniki DPX (od 16 do 1600 A),
- rozłączniki izolacyjne DPX-IS i Vistop,
- wyłączniki modułowe, nadprądowe S 300 do zabezpieczania obwodów końcowych,
- wyłączniki różnicowoprądowe, bloki różnicowoprądowe do ochrony osób,
- ochronniki do zabezpieczeń urządzeń przed przepięciami.

Urządzenia te mają szeroki zakres parametrów i akcesoriów pomocniczych, zastosowano w nich różne technologie – oferta Legrand jest dostosowana do każdych wymagań.

Normy dotyczące urządzeń, normy dotyczące instalacji

Należy umieć je rozróżnić: pierwsze z nich dotyczą aparatów (spełnianie wymogów tych norm jest powinnością producenta), drugie – sposobu wykonania instalacji. Normy te gwarantują poprawne działanie i bezpieczeństwo instalacji. Przestrzeganie norm dotyczących instalacji jest obowiązkowe – instalatorzy muszą się do nich stosować, ponadto muszą zagwarantować jakość instalacji, która opiera się również na jakości zastosowanych urządzeń.

Wyłączniki

Wyłącznik to jednocześnie urządzenie wyłączające, które może rozłączyć prądy o natężeniu równym lub większym od wartości znamionowej wyłącznika (I_n), i urządzenie zabezpieczające, które automatycznie wyłącza prądy przetężeniowe pojawiające się na skutek różnych awarii instalacji. Dobór wyłącznika i jego parametrów zależy od wielkości instalacji.

RÓŻNE TECHNOLOGIE

Przetężenia są wykrywane przez trzy różne elementy wyłącznika: wyzwalacz termiczny wykrywa przeciążenia, wyzwalacz elektromagnetyczny – zwarcia, a wyzwalacz elektroniczny – oba te zjawiska jednocześnie. Wyzwalacze termiczne i elektromagnetyczne, zwykle łączone (np. w wyłącznikach termiczno-magnetycznych), są urządzeniami wypróbowanymi i ekonomicznymi, zarazem jednak mniej „elastycznymi" niż wyzwalacze elektroniczne.

Wyłączniki produkcji Legrand realizują następujące funkcje:
- sterowanie automatyczne i ręczne obwodów,
- rozłączanie z informowaniem o zaistnieniu przerwy stykowej,
- rozłączanie z widoczną przerwą stykową, w przypadku aparatów w wersji gniazdowej lub wysuwnej,
- wyłączanie awaryjne,
- zabezpieczenie różnicowoprądowe,
- zabezpieczenie przy zaniku napięcia.

Wyzwalacz termiczny

Jego podstawowym elementem jest bimetal, którego ogrzanie powyżej standardowych wartości działania powoduje wygięcie, co z kolei uwalnia blokadę styków. Czas reakcji bimetalu jest odwrotnie proporcjonalny do natężenia prądu. Z powodu inercji termicznej bimetal reaguje szybciej, gdy drugie przeciążenie następuje szybko po pierwszym – wtedy zabezpieczenie już ogrzanych kabli jest lepsze. Wyłączniki DPX mają możliwość regulacji prądu wyzwolenia I_r w granicach od 0,64 do 1 I_n (w zależności od wartości prądu znamionowego).

Wyzwalacz magnetyczny

Jest zbudowany z elektromagnesu, którego działanie uwalnia blokadę styków, co powoduje wyłączenie w przypadku wystąpienia silnego przetężenia. Czas zadziałania jest bardzo krótki (w granicach 1/10 sekundy). Wyłączniki mocy DPX mają nastawialne I_m (do 10 x I_r), która umożliwia dopasowanie wartości wyzwolenia do warunków zabezpieczenia instalacji (prąd zwarciowy, porażenie przy dotyku pośrednim). Ponadto nastawa ta połączona z funkcją czasową umożliwia uzyskanie selektywności między aparatami.

Wyzwalacz elektroniczny

Przekładniki prądowe umieszczone w każdym biegunie stale mierzą wartości prądów przez nie płynących. Informacja ta jest przetwarzana przez moduł elektroniczny, który steruje wyzwoleniem wyłącznika, gdy zostaną przekroczone nastawione wartości. Charakterystyka wyzwalacza składa się z trzech stref działania.

- **Strefa zadziałania bezzwłocznego**

Gwarantuje zabezpieczenie przed dużymi prądami zwarciowymi. Jest nastawiana fabrycznie przez producenta na pewną stałą wartość (od 5 do 20 kA) lub można ją nastawiać samodzielnie na aparacie.

- **Strefa działania krótkozwłocznego**

Gwarantuje zabezpieczenie przed prądami zwarciowymi o mniejszym natężeniu, które powstają zwykle na końcach linii.
W większości przypadków istnieje możliwość regulacji progu wyzwolenia tego prądu. Czas zwłoki przy wyłączeniu wynosi nawet do jednej sekundy, co umożliwia uzyskanie selektywności z innymi aparatami, umieszczonymi poniżej.

- **Strefa działania zwłocznego**

Strefa ta jest porównywana do charakterystyki wyzwalacza termicznego. Umożliwia zabezpieczenie przewodów przed przeciążeniami.
Wyzwalacze elektroniczne do wyłączników mocy DMX i DPX umożliwiają realizację selektywności logicznej poprzez „komunikację" pomiędzy aparatami.

Typowe charakterystyki wyzwolenia

Wyzwalacz termiczno-magnetyczny

Wyzwalacz elektroniczny

Łuk elektryczny

Gaszenie łuku dokonuje się w komorze łukowej wyłącznika, która znajduje się w jego wnętrzu. Komora jest zaprojektowana w taki sposób, aby mogła ugasić łuk elektryczny powstający przy otwarciu styków. Energia łuku może osiągnąć wartość do 100 kilodżuli i do 20 000°C, co może spowodować erozję styków w wyniku parowania metalu. Konieczne jest jak najszybsze ugaszenie łuku. Wykorzystuje się do tego celu pole magnetyczne wytworzone przez łuk (który jest przewodnikiem), aby wprowadzić go do komory gaszenia i ugasić.
Wyłączniki powinny być tak skonstruowane, aby otwarcie styków następowało szybko (ogranicza to zjawisko erozji).

Wyłączniki (ciąg dalszy)

PARAMETRY WYŁĄCZNIKÓW

Napięcie znamionowe łączeniowe U_e (V)

Jest to napięcie, przy którym dany wyłącznik może pracować. Podana wartość jest zwykle wartością maksymalną. Przy niższym napięciu niektóre parametry mogą być inne, często korzystniejsze (np. zdolność zwarciowa).

Napięcie znamionowe izolacji U_i (V)

Jest to wartość wytrzymałości izolacji danego urządzenia. Na podstawie napięcia znamionowego izolacji określa się napięcia próbne dielektryczne (kształt fali).

Napięcie znamionowe udarowe wytrzymywane U_{imp} (kV)

Napięcie znamionowe udarowe wytrzymywane określa wytrzymałość urządzenia na przepięcia przejściowe, np. w wyniku uderzenia pioruna (znormalizowany udar 1,2/50 µs, patrz str. 139).

Kategoria pracy

Norma EN 60947-2 dzieli wyłączniki na dwie grupy:
- kategorię A: wyłączniki, które nie mają zwłoki czasowej przy wyzwoleniu zwarciowym,
- kategorię B: wyłączniki z możliwością ustawienia zwłoki czasowej. Można ustawić zwłokę czasową, aby uzyskać selektywność czasową dla wartości zwarcia mniejszego od I_{cw}. Wartość I_{cw} powinna być co najmniej równa największej z wartości: 12 I_n lub 5 kA w przypadku wyłączników o prądzie znamionowym nie większym niż 2500 A i 30 kA dla wyłączników o prądzie znamionowym większym od 2500 A.

Prąd znamionowy I_n (A)

Jest to maksymalna wartość prądu, która może płynąć przez wyłącznik w sposób ciągły. Wartość tę podaje się zawsze dla temperatury otoczenia aparatu, która wynosi 40°C zgodnie z normą EN 60947-2 i 30°C zgodnie z normą EN 60898. Jeżeli temperatura jest wyższa, należy obniżyć prąd roboczy (patrz str. 220).

Prąd znamionowy wyłączalny zwarciowy graniczny I_{cu} (kA) – zdolność znamionowa wyłączania zwarciowa graniczna

Zdolność znamionowa wyłączania zwarciowa graniczna wyłącznika jest to prąd wyłączalny zwarciowy graniczny określony przez producenta dla odpowiedniego znamionowego napięcia łączeniowego i wyrażony w wartości prądu wyłączeniowego spodziewanego w kA (w przypadku prądu przemiennego – w wartości skutecznej składowej okresowej), który powinien być wyłączony wyłącznikiem w warunkach określonych przez normę. W czasie badania należy wykonać szereg łączeniowy: *O – t – CO*, gdzie: O – otwarcie załączonego wyłącznika wyzwalaczem bezzwłocznym; CO – załączenie wyłącznika w obwodzie o prądzie o wartości I_{cu} i wyłączenie wyzwalaczem bezzwłocznym wyłącznika; t – czas między dwoma następującymi po sobie zwarciami.
Po wykonaniu tych prób wyłącznik powinien działać poprawnie i zapewniać minimalny poziom bezpieczeństwa (wyłączanie, wytrzymałość dielektryczna).

Zwarciowa zdolność łączeniowa I_{cn} (A)

Według normy EN 60898 zdolność zwarciową aparatu testuje się w podobny sposób jak I_{cu}, ale określa się ją jako I_{cn}. Po wykonaniu testu wyłącznik musi zachowywać swoje właściwości dielektryczne i możliwości wyłączeń, zgodnie ze specyfikacją normy.

Wyłączniki często charakteryzuje się, używając dwóch zdolności zwarciowych. Rozróżnienie to wynika z odmiennych warunków przeprowadzania prób opisanych w różnych normach.
- **10 000: norma EN 60898 dotyczy domowych zastosowań wyłączników, czyli sytuacji, gdy dostęp do aparatów mają osoby niewykwalifikowane. Wartość zdolności zwarciowej (wyrażoną w amperach) umieszcza się wówczas w prostokącie i nie podaje się jednostki.**
- **10 kA: norma EN 60947-2 dotyczy takich zastosowań wyłączników, w których dostęp do aparatów mają wyłącznie osoby wykwalifikowane. Podaje się wówczas jednostkę, w jakiej wyrażona jest zdolność zwarciowa aparatu.**

Prąd znamionowy wyłączalny zwarciowy eksploatacyjny I_{cs}

Norma EN 60947-2 określa wartość znamionowej granicznej zdolności wyłączania I_{cs} w procentach I_{cu} – jako 25%, 50%, 75% i 100% I_{cu} (25% tylko dla kategorii A).
Wyłącznik musi działać normalnie po kilkakrotnym wyłączeniu prądu I_{cs} według szeregu łączeniowego:
O – t – CO – CO
Norma EN 60898 także określa wartość I_{cs} ale w zależności od znamionowej zwarciowej zdolności łączenia I_{cn} wyłącznika.

Podczas eksploatacji bardzo rzadko zdarza się, że wyłącznik wyłącza maksymalny spodziewany prąd zwarciowy (który określa jego zdolność zwarciową), zwykle wyłącza niższe prądy zwarciowe. Jeżeli prądy te są mniejsze od I_{cs} wyłącznika, oznacza to, że instalacja może działać normalnie po załączeniu. Obecnie bardzo mało przepisów i norm bierze pod uwagę wartość I_{cs}.

Prąd znamionowy krótkotrwały wytrzymywany I_{cw} (kA)

Jest to wartość prądu zwarciowego, którą wyłącznik kategorii B może wytrzymać w określonym przedziale czasu bez obniżenia swoich parametrów znamionowych. Wartość ta jest istotna przy określaniu selektywności między wyłącznikami. Wyłącznik znajdujący się bliżej źródła zasilania może być w stanie załączenia do czasu wyłączenia uszkodzonego obwodu przez wyłącznik obwodowy, dopóki energia I^2t nie przekroczy I_{cw}^2 (1 s).

Wartość I_{cw} jest podawana zawsze dla czasu t = 1 s. Jeżeli przyjmuje się inny czas, trzeba to zaznaczyć, np. $I_{cw\,0,2}$. Należy wówczas sprawdzić, czy energia termiczna I^2t generowana do momentu wyłączenia przez wyłącznik powyżej jest mniejsza od I_{cw}^2t.

Prąd znamionowy załączalny zwarciowy I_{cm} (kA szczytowe)

Jest to największe natężenie prądu, które aparat może wytrzymać przy napięciu znamionowym w warunkach określonych w normie.
Aparaty, które nie pełnią funkcji zabezpieczających, np. rozłączniki, mogą wytrzymać prądy zwarciowe o wartości i czasie trwania, które mają ich dobezpieczenie.

Normy dla aparatów elektrycznych

• Norma EN 60898
W praktyce wyłączniki wykonane zgodnie z tą normą są przeznaczone do zabezpieczania instalacji domowych, biur, banków, itp., tam gdzie do obsługi instalacji nie ma wykwalifikowanego personelu. Ich maksymalne prądy znamionowe to 125 A, zaś maksymalna zdolność zwarciowa – 25 000 A, przy napięciu 440 V. Wyzwalacz termiczny pracuje w obszarze od 1,13 do 1,45 I_n.
Wyzwalacze elektromagnetyczne mają charakterystyki działania B, C i D.
Aparaty wykonane zgodnie z normą EN 60898 mogą być stosowane w instalacjach przemysłowych w zakresie ograniczonym ich parametrami.

• Norma EN 60947
Norma dotyczy zastosowań przemysłowych, zakłada, że osoby, które mają dostęp do instalacji, są wykwalifikowane. Norma nie ustala zakresów działania wyzwalaczy zwarciowych – parametry te mogą być regulowane (I_r, I_m). Gdy $I_r = I_n$, wyzwolenie powinno następować między wartościami 1,05 i 1,3 I_n.
Wyłączniki nadmiarowe S 300 produkcji Legrand spełniają wymogi obu norm.
• Norma EN 61009-1
Dotyczy wyłączników nadprądowych z funkcją różnicowoprądową.
• Norma EN 61008-1
Dotyczy wyłączników różnicowoprądowych.

Wyłączniki (ciąg dalszy)

CHARAKTERYSTYKI WYŁĄCZNIKÓW

Przykłady charakterystyk wyzwolenia wyłączników

Wyłącznik DPX 250
z wyzwalaczem termiczno-magnetycznym

I: prąd rzeczywisty
I_r: zabezpieczenie termiczne przeciwprzeciążeniowe, nastawa I_r = (od 0,64 do 1,0) x I_n
I_m: zabezpieczenie elektromagnetyczne przeciwzwarciowe, nastawa I_m = (od 3,5 do 10) x I_r

Wykres pokazuje stosunek I/I_r, zmiana nastawy I_r nie zmienia graficznego zapisu wyzwolenia termicznego, można za to bezpośrednio odczytać nastawę wyzwolenia elektromagnetycznego I_m (od 3,5 do 10 w podanym przykładzie).

Wyłącznik DPX-H 1600
z wyzwalaczem elektronicznym

I: prąd rzeczywisty
I_r: zabezpieczenie zwłoczne przeciwprzeciążeniowe, nastawa I_r = (od 0,4 do 1,0) x I_n
t_r: czas działania zabezpieczenia zwłocznego (nastawa od 5 do 30 s) przy 6 x I_r
I_m: zabezpieczenie krótkozwłoczne przed zwarciami, nastawa I_m = (od 1,5 do 10) x I_r
t_m: czas działania zabezpieczenia krótkozwłocznego, nastawa od 0 do 0,3 s
I^2t stałe (regulacja przez t_m) – patrz str. 382
I_f: zabezpieczenie bezzwłoczne przy stałym progu wyzwolenia (od 5 do 20 kA w zależności do prądu znamionowego aparatu)

Przykład regulacji wyłącznika i odczyt charakterystyk

I_B = 500 A i I_{k3max} = 25 kA w punkcie instalacji.
Zabezpieczenie przez wyłącznik DPX 630 z wyzwalaczem elektronicznym, prąd znamionowy 630 A (nr. ref. 0256 03/07), nastawa zwłoczna (przeciążenie) I_r = 0,8 x I_n, a więc I_r = 504 A.

Przykład 1: $I_{cc\ mini}$ podwyższone

$I_{cc\ mini}$ (na końcu linii) = 20 kA ⇒ nastawa krótkozwłoczna (zwarcie) I_m = 10 x I_r, a więc I_m = 5040 A.

Odczyt charakterystyk:
Jeśli I < 504 A ⇒ brak wyzwolenia.
Jeśli 504 A ≤ I < 5 kA ⇒ wyzwolenie w czasie od 1 do 200 s (zabezpieczenie zwłoczne).
Jeśli I > 5 kA ⇒ wyzwolenie w czasie 0,01 s (bezzwłoczne o stałym progu).

Przykład 2: $I_{cc\ mini}$ o małej wartości

$I_{cc\ mini}$ (na końcu linii) = 4 kA ⇒ nastawa krótkozwłoczna (zwarcie) I_m = 5 x I_r, a więc I_m = 2520 A.

Odczyt charakterystyk:
Jeśli I < 504 A ⇒ brak wyzwolenia.
Jeśli 504 A ≤ I < 2520 A ⇒ wyzwolenie w czasie od 6 do 200 s (zabezpieczenie zwłoczne).
Jeśli 2520 A ≤ I < 5 kA ⇒ wyzwolenie w czasie <0,1 s (zabezpieczenie krótkozwłoczne).
Jeśli I > 5 kA ⇒ wyzwolenie w czasie 0,01 s (bezzwłoczne o stałym progu).

Przykład 3: Ograniczenia przekrojem kabla

I_{cc} mini (na końcu linii) = 20 kA
Przewód 10 mm², dopuszczalna energia termiczna: 1,32 x 106 A²s, to jest 3 633 A w czasie 0,1 s ⇒ nastawa krótkozwłoczna (zwarcie) I_m = 7 x I_r, to jest 3528 A (< I_{th} kabla).

Odczyt charakterystyk:
Jeśli I < 504 A ⇒ brak wyzwolenia.
Jeśli 504 A ≤ I < 3 528 A ⇒ wyzwolenie w czasie od 3 do 200 s (zabezpieczenie zwłoczne).
Jeśli 3528 A ≤ I < 5 kA ⇒ wyzwolenie <0,1 s (zabezpieczenie krótkozwłoczne).
Jeśli I > 5 kA ⇒ wyzwolenie w czasie 0,01 s (bezzwłoczne o stałym progu).

Wyłączniki (ciąg dalszy)

Norma EN 60898 określa granice, przy których następuje reakcja na zwarcie (wyzwolenie) wyłączników nadprądowych:
- charakterystyka typu B: od 3 do 5 I_n,
- charakterystyka typu C: od 5 do 10 I_n,
- charakterystyka typu D: od 10 do 20 I_n,

Dostępne są również wyłączniki o innych typach charakterystyk:
- charakterystyka typu Z: od 2,4 do 3,6 I_n,
- charakterystyka typu MA: od 12 do 14 I_n,

W standardowych warunkach dystrybucji energii należy stosować charakterystyki C. Stosowanie wyłączników o charakterystyce B jest konieczne przy małych spodziewanych prądach zwarciowych (duża długość, wyłączniki obwodowe w układzie sieci IT lub TN, generator itd.).
W przypadku podwyższonych prądów rozruchu (transformatory, silniki) zastosowanie charakterystyki D pozwala uniknąć niezamierzonych wyłączeń, szczególnie w momencie rozruchu.
Charakterystyka Z (o wysokiej czułości) jest zwykle przeznaczona dla zabezpieczenia obwodów zasilających urządzenia elektroniczne.
Charakterystyka MA (tylko zabezpieczenie elektromagnetyczne) jest stosowana w obwodach, w których stosowanie zabezpieczenia termicznego nie jest dozwolone, np. w obwodach awaryjnych, w obwodach silników i transformatorów itd.

Podstawowe typy charakterystyk wyzwolenia wyłączników nadprądowych S 300

OGRANICZENIA PRĄDU I ENERGII

W przypadku występowania zwarć i braku zabezpieczenia prąd, który płynąłby w instalacji, określony jest prądem zwarciowym spodziewanym.
Prąd zwarciowy przepływając przez wyłącznik jest w mniejszym lub większym stopniu przez niego ograniczany. Zwarcie jest wówczas ograniczane w amplitudzie i czasie trwania.
Ograniczenie ma na celu zredukowanie:
- energii termicznej,
- sił elektrodynamicznych,
- skutków indukcji elektromagnetycznych.

Oprócz tego umożliwia uzyskanie selektywności.

Zdolność ograniczania prądu zwarciowego przedstawiona w formie wykresu

Charakterystyki prądu ograniczonego

Charakterystyki prądu ograniczonego podają maksymalne wartości prądów szczytowych (A szczytowe) ograniczane przez aparaty w zależności od spodziewanego prądu zwarciowego.
Wartości prądu ograniczonego służą do doboru szyn zasilających i do sprawdzania wytrzymałości przewodów i aparatów.

Charakterystyka prądu ograniczonego

Charakterystyki całek Joule'a

Charakterystyki całek Joule'a dają obraz energii (wyrażonej w A^2s), która jest wydzielona w wyłączniku w zależności od spodziewanego prądu zwarciowego.
Charakterystyki te umożliwiają sprawdzenie koordynacji obciążalności termicznej kabli z ich zabezpieczeniem przez wyłącznik.

Charakterystyka całki Joule'a

Klasy ograniczeń energii wyłączników modułowych

Załącznik ZA normy EN 60898 opisuje klasy ograniczeń energii dla wyłączników nadprądowych o charakterystykach B oraz C i o prądach znamionowych mniejszych lub równych 32 A.
Na przykład dla wyłącznika 6 kA, typu C, od 20 do 32 A:
- klasa 1: energia jest nieograniczona,
- klasa 2: energia jest ograniczona maksymalnie do 160 000 A^2s,
- klasa 3: energia jest ograniczona maksymalnie do 55 000 A^2s.

Wszystkie wyłączniki nadprądowe o charakterystykach B oraz C i prądach znamionowych do 32 A produkcji Legrand są wyłącznikami klasy 3.

Wyłączniki powietrzne DMX

Wyłączniki powietrzne DMX zabezpieczają instalacje elektryczne niskiego napięcia przed skutkami zwarć i przeciążeń przy prądach do 4000 A. Aparaty te cechuje doskonała trwałość mechaniczna i elektryczna oraz wysoka zdolność zwarciowa. Łatwość wykonywania przeglądów oraz możliwość wyposażenia w różne elementy pomocnicze i akcesoria sprawia, że wyłączniki DMX są doskonale dostosowane do realizacji wyznaczonych im funkcji.

Wyłączniki powietrzne DMX produkcji Legrand spełniają całkowicie wymagania stawiane im przez normy oraz przez instalacje elektryczne, a oprócz tego oferują łatwość montażu i wykonywania podłączeń.
Dzięki jednakowym wymiarom i takiej samej ściance przedniej do wszystkich aparatów z gamy DMX pasuje jeden typ osłony. Wyłączniki DMX są wyposażone w elektroniczne wyzwalacze nadprądowe.

^ Rozdzielnice XL³, szyny zasilające, wyłączniki DMX: doskonałe dopasowanie elementów w instalacjach na prądy do 4000 A

Sposób montażu umożliwia zarówno wykonanie sprzężenia aparatów (wykonanie układu przełączania zasilania rezerwowego) oraz wykonanie podłączeń do szyn zasilających.

Umieszczenie dwóch aparatów DMX w jednej obudowie jest możliwe tylko wtedy, gdy nie są obciążone jednocześnie (jest to układ przełączenia zasilania rezerwowego) i gdy suma ich prądów nie przekracza wartości, które wiążą się z wymaganym rozproszeniem termicznym w obudowie. Jeśli istnieje ryzyko przegrzania, należy montować tylko jeden aparat.

GAMA WYŁĄCZNIKÓW DMX

DMX 2500 w wykonaniu stacjonarnym

DMX 2500 w wykonaniu wysuwnym

DMX-L 4000 w wykonaniu wysuwnym

Wyłączniki DMX są produkowane w dwóch gabarytach: DMX 2500 (prądy znamionowe 1250 A, 1600 A, 2000 A i 2500 A) oraz DMX 4000 (prądy znamionowe 3200 A i 4000 A).

Oznaczenie DMX określa wyłącznik o znamionowej zwarciowej zdolności wyłączania 50 kA (przy 415 V~), natomiast oznaczenie DMX-L określa wyłącznik o zdolności wyłączania 100 kA (do 415 V~). Gabaryty wyłączników o zdolności zwarciowej wyłączania 100 kA są takie same dla prądów znamionowych od 1250 do 4000 A.

Wszystkie aparaty DMX mogą być wykonywane jako stacjonarne i wysuwne.

W odróżnieniu od aparatów w wykonaniu stacjonarnym aparaty w wykonaniu wysuwnym mają możliwość zakładania dodatkowej blokady (w pozycji odłączony), która zapewnia optymalne bezpieczeństwo w przypadku prac serwisowych (widoczna przerwa izolacyjna).

Jeden numer referencyjny w katalogu = jeden kompletny produkt

Wszystkie wyłączniki są standardowo dostarczane w komplecie z:
– elektronicznym wyzwalaczem nadprądowym MP17,
– 8 dodatkowymi stykami pomocniczymi (5 NO + 3 NZ),
– przyłączami tylnymi,
– listwami zaciskowymi do obwodów pomocniczych,
– przyciskami sterowniczymi z możliwością zablokowania przez założenie kłódki,
– osłonami dostępu do nastaw.

W wykonaniu wysuwnym dodatkowo z:
– przesłonami izolacyjnymi,
– korbą,
– przestawialnymi przyłączami tylnymi.

Wyłączniki powietrzne DMX
(ciąg dalszy)

DMX w wersji wysuwnej

Wysuwanie wyłącznika DMX: ten manewr można wykonać bez zdejmowania osłon.

Chowane uchwyty ułatwiają wysunięcie aparatu z kasety.

Ruchome przesłony izolacyjne przyłączy w kasecie chronią przed dotykiem do części pozostających pod napięciem.

Moduł pamięci zewnętrznej

W przypadku wymiany aparatu pamięć zewnętrzna (UME) zachowuje wszystkie ustawienia i wszystkie zapisane dane (zadziałania wyzwalaczy, manewry, prądy itd.) zaistniałe podczas działania urządzenia. Funkcja ta ułatwia serwisowanie i skraca czas wyłączenia do minimum. Tym samym ustawienia nie są związane z aparatem, lecz z zabezpieczanym obwodem.

Elementy dodatkowe wyłącznika

Po zdjęciu przedniej ścianki (przez odkręcenie 4 wkrętów) otrzymujemy bezpośredni dostęp do wszystkich elementów pomocniczych sterowania i sygnalizacji: wyzwalaczy, styków pomocniczych, licznika, napędu silnikowego itd.

ELEKTRONICZNE WYZWALACZE NADPRĄDOWE

Poza możliwościami łatwego dopasowania do wymagań instalacji, łatwością montażu i przyłączenia, dużą wytrzymałością i maksymalną trwałością wyłączniki DMX posiadają również nowoczesne wyzwalacze nadprądowe. Umożliwiają one precyzyjne nastawienia poziomu zabezpieczenia z zachowaniem całkowitej selektywności wyłączenia z aparatami zainstalowanymi poniżej. Wyłączniki DMX standardowo są wyposażone w elektroniczny wyzwalacz nadprądowy MP17. Opcjonalnie, mogą posiadać wyzwalacz nadprądowy MP18 z wyświetlaczem ciekłokrystalicznym lub wyzwalacz MP20, który posiada dodatkowe funkcje komunikacyjne.

Elektroniczny wyzwalacz nadprądowy MP17

Wyłączniki DMX standardowo są wyposażone w elektroniczny wyzwalacz nadprądowy MP17. Nastawianie parametrów zadziałania odbywa się przy pomocy obrotowych pokręteł:

– zabezpieczenie zwłoczne przed prądem przeciążeniowym I_r,

– zabezpieczenie krótkozwłoczne przed prądem zwarciowym I_m,

– czas zadziałania zabezpieczenia krótkozwłocznego t_m,

– zabezpieczenie bezzwłoczne przed prądem zwarciowym o dużej wartości I_i.

< Wyzwalacz nadprądowy MP17 zamontowany w wyłączniku DMX 2500 w wersji wysuwnej.

Elektroniczny wyzwalacz nadprądowy MP18

Elektroniczny wyzwalacz nadprądowy MP18 jest dostępny na zamówienie. Nastawy wykonuje się w ten sam sposób jak na wyzwalaczu MP17. Ponadto wyzwalacz MP18 jest wyposażony w wyświetlacz LCD, na którym wyświetlają się wartości poszczególnych prądów.

Opis:

1 – Nastawa wartości I_r.

2 – Nastawa wartości I_m i t_m.

3 – Nastawa wartości I_i.

4 - Charakterystyka czasowo-prądowa.

5 – Przełącznik zazbrajania (automatyczne/ręczne).

6 – Kontrolka poprawnej pracy wyzwalacza.

7 - Gniazdo testu i gniazdo zasilające zewnętrzne.

8 – Wyświetlacz ciekłokrystaliczny.

9 – Pokrętło regulacji jasności wyświetlacza.

Wyłączniki powietrzne DMX
(ciąg dalszy)

Elektroniczny wyzwalacz nadprądowy MP20

Wyłączniki DMX na zamówienie mogą zostać wyposażone w elektroniczny wyzwalacz nadprądowy MP20, który posiada dodatkowe funkcje.
Nastawianie parametrów pracy wykonuje się za pomocą sensorowych przycisków z wizualizacją nastawianej wielkości. Wyświetlacz ciekłokrystaliczny pozwala na sprawdzenie ustawionych wartości, natężenia prądu w każdej z faz, przyczyny zadziałania wyzwalacza, historii wyzwoleń oraz sygnalizuje nadmierne obciążenie (alarm wstępny). Możliwe są również funkcje komunikacji i kontroli.
W przypadku wyłączników w wersji wysuwnej, wyzwalacz MP20 jest połączony z jednostką pamięci zewnętrznej UME.

Możliwości regulacji:
- zabezpieczenie zwłoczne przed prądem przeciążeniowym I_r,
- czas zadziałania zabezpieczenia zwłocznego przed prądem przeciążeniowym I_r; t_r,
- zabezpieczenie krótkozwłoczne przed prądem zwarciowym I_m,
- czas zadziałania zabezpieczenia krótkozwłocznego przed prądem zwarciowym I_m; t_m,
- wybór charakterystyk czasowo-prądowych wyzwolenia: 80 kombinacji.

^ Wyzwalacz nadprądowy MP20 zamontowany w wyłączniku DMX 4000.

Opis:
1 – Wyświetlacz ciekłokrystaliczny.
2 – Kontrolka alarmowa.
3 – Kontrolka poprawnej pracy wyzwalacza.
4 – Charakterystyka czasowo-prądowa wyłącznika.
5 – Przełącznik zazbrajania (automatyczne/ręczne).
6 – Charakterystyka czasowo-prądowa prądów doziemnych wyłącznika.
7 – Przyciski sensorowe.
8 – Gniazdo testu i gniazdo zasilania zewnętrznego.

Możliwe nastawienia w zależności od zastosowanego wyzwalacza

Rodzaj wyzwalacza		MP17/MP18	MP20
Zabezpieczenie przeciwprzeciążeniowe	Próg I_r	od 0,4 do 1 I_n (7 ustawień co 0,1)	od 0,4 do 1 I_n (60 ustawień co 0,01)
	Czas zadziałania t_r	Brak regulacji	od 0,14 do 19 s (od 16 do 80 kombinacji)
Zabezpieczenie zwarciowe krótkozwłoczne	Próg I_{mr}	-	od 1,5 do 12 I_r (9 ustawień)
	Czas zadziałania t_{mr}	-	od 1 do 10 s (w funkcji t_r)
	Próg I_m	od 1,5 do 12 I_r – 8 ustawień	od 1,5 do 12 I_r (9 ustawień)
	Czas zadziałania t_m	od 0,1 do 1 s – 7 ustawień	od 0 do 1 s (10 ustawień)
Zabezpieczenie bezzwłoczne	Próg I_i	od 2 do 10 I_n – 7 ustawień – możliwość wyłączenia tej funkcji	równe I_{cw}
Zabezpieczenie bieguna neutralnego	Próg	50% (inne wartości na zamówienie)	0% – 50% – 100%

Funkcje elektronicznych wyzwalaczy nadprądowych

Rodzaj wyzwalacza		MP17	MP18	MP20
Sygnalizacja przy użyciu diody LED	Poprawne działanie	●	●	●
	Alarm wstępny			●
	Alarm			●
	Rodzaj usterki			●
Wyświetlacz LCD	Wartości prądów		●	●
	Stan wyłącznika		●	●
	Wykonywane operacje			●
	Zaistniałe usterki		●	●
	Historia występowania usterek			●
	Kontrolka sygnalizująca konieczność wykonania przeglądu			●
Inne funkcje	Pamięć termiczna 20-minutowa	●	●	
	Pamięć termiczna z możliwością regulacji			●
	Funkcja ograniczania poboru prądu			●
	Reset ręczny	●	●	●
	Reset automatyczny			●
	Alarm sygnalizujący wyzwolenie			●
Komunikacja	MODBUS			●
	Możliwość zdalnego sterowania			●
	Możliwość zdalnego wykonywania nastaw			●

Wyłączniki powietrzne DMX
(ciąg dalszy)

DANE TECHNICZNE WYŁĄCZNIKÓW DMX

		DMX/DMX-L 2500								DMX/DMX-L 4000			
		1250 A		1600 A		2000 A		2500 A		3200 A		4000 A	
Typ wyłącznika		DMX	DMX-L	DMX	DMX-L	DMX	DMX-L	DMX	DMX-L	DMX	DMX-L	DMX	DMX-L
Ilość biegunów		3-4		3-4		3-4		3-4		3-4		3-4	
Prąd znamionowy I_n (A)		1250		1600		2000		2500		3200		4000	
Zabezpieczenie w biegunie neutralnym N[1]		50%		50%		50%		50%		50%		50%	
Napięcie znamionowe izolacji U_i (V)		1000		1000		1000		1000		1000		1000	
Napięcie znamionowe udarowe wytrzymywane U_{imp} (kV)		8		8		8		8		8		8	
Napięcie znamionowe łączeniowe U_e (50/60 Hz) (V)		690		690		690		690		690		690	
Prąd znamionowy wyłączalny zwarciowy graniczny I_{cu} (kA) przy U_e (V)	**230 V∿**	50	100	50	100	50	100	50	100	50	100	50	100
	415 V∿	50	100	50	100	50	100	50	100	50	100	50	100
	500 V∿	50	80	50	80	50	80	50	80	50	80	50	80
	600 V∿	50	65	50	65	50	65	50	65	50	65	50	65
	690 V∿	40	60	40	60	40	60	40	60	40	60	40	60
Prąd znamionowy wyłączalny zwarciowy eksploatacyjny I_{cs} (% I_{cu})		100	80	100	80	100	80	100	80	100	80	100	80
Prąd znamionowy załączalny zwarciowy I_{cm} (kA) przy U_e (V)	**415 V∿**	143	176	143	176	143	176	143	176	143	176	143	176
	500 V∿	105	176	105	176	105	176	105	176	105	176	105	176
	600 V∿	105	143	105	143	105	143	105	143	105	143	105	143
	690 V∿	84	105	84	105	84	105	84	105	84	105	84	105
Prąd znamionowy krótkotrwały wytrzymywany I_{cw} (kA) dla t = 1 s		50	80	50	80	50	80	50	80	50	80	50	80
Kategoria pracy		B		B		B		B		B		B	
Zdolność rozłączania		TAK		TAK		TAK		TAK		TAK		TAK	
Elektroniczny wyzwalacz nadprądowy	**MP17**	Standardowo		Standardowo		Standardowo		Standardowo		Standardowo		Standardowo	
	MP20	Opcjonalnie		Opcjonalnie		Opcjonalnie		Opcjonalnie		Opcjonalnie		Opcjonalnie	
Trwałość (ilość cykli)	**mechaniczna**	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000
	łączeniowa	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000

[1] Nastawianie 0 – 50 – 100% przy zastosowaniu wyzwalacza MP20.

Panel przedni wyłącznika DMX w wersji wysuwnej

Opis:
1 – Dźwignia ręcznego naciągu sprężyn (dla rozłączników w kolorze szarym).
2 – Przycisk zamykania (OFF).
3 – Przycisk otwierania (ON).
4 – Wskaźnik stanu wyłącznika.
5 – Wskaźnik stanu sprężyn.
6 – Elektroniczny wyzwalacz nadprądowy.
7 – Blokada dostępu wyzwalacza nadprądowego.
8 – Wskaźnik położenia wyłącznika (in/test/out).
9 – Listwa zaciskowa obwodów pomocniczych.
10 – Zewnętrzny moduł pamięci (tylko dla MP20).
11 – Blokada kłódką przegród izolacyjnych.
12 – Blokada kłódką w pozycji wysuniętej.
13 – Blokada dostępu do otworu dźwigni napędowej.
14 – Korba do wysuwania wyłącznika.

Korekta prądu znamionowego (A) w zależności od temperatury otoczenia

Typ wyłącznika	Prąd znamionowy	40°C	50°C	60°C	65°C	70°C
DMX 2500	1250	1250	1250	1250	1250	1250
	1600	1600	1600	1445	1364	1280
	2000	2000	2000	2000	2000	1970
	2500	2500	2450	2232	2092	1970
DMX 4000	3200	3200	3200	3200	3019	2831
	4000	4000	3727	3367	3175	2978

Wyłączniki powietrzne DMX
(ciąg dalszy)

WYPOSAŻENIE DO STEROWANIA

Wyzwalacze napięciowe (wzrostowe)

Wyzwalacze napięciowe są zazwyczaj sterowane przez zestyk NO i służą do bezzwłocznego, zdalnego otwarcia aparatu. Ten rodzaj wyzwalaczy jest dostępny dla różnych napięć zasilania – zarówno dla prądu stałego, jak i przemiennego. Zestyk NO jest integralną częścią wyzwalacza i jest połączony szeregowo z jego cewką. Po otwarciu styków głównych wyłącznika następuje rozłączenie zestyku NO wyzwalacza. Wyzwalacze te montuje się w gnieździe akcesoriów dodatkowych za pomocą zatrzasku.

Napięcia znamionowe: 24/30 V⎓, 48 V⎓, 220/250 V∿/⎓.
Napięcie wyzwolenia: od 0,7 do 1 U_n.
Maksymalny czas otwierania wyłącznika: 50 ms.
Maksymalny pobór mocy: 300 VA (∿) lub 250 W (⎓).

Wyzwalacze podnapięciowe

Wyzwalacze podnapięciowe są zazwyczaj sterowane przez zestyk NZ. Służą do bezzwłocznego otwarcia wyłącznika, jeśli ich napięcie zasilania spada poniżej określonego poziomu.

Wyzwalacze te są wyposażone w układ ograniczenia poboru mocy przy zamknięciu obwodu. Wyzwalacz jest montowany w gnieździe akcesoriów dodatkowych za pomocą zatrzasku.

Napięcia znamionowe: 24/30 V⎓, 48 V⎓, 220/250 V∿.
Napięcie wyzwolenia od 0,7 do 0,35 U_n.
Napięcie załączenia: 0,85 U_n.
Niemożliwe załączenie: ≤0,35 U_n.
Czas otwierania wyłącznika: 50 ms.
Maksymalny pobór mocy: 300 VA ograniczony do 20 VA po 400 ms.

Wyzwalacze podnapięciowe zwłoczne

Wyzwalacze te są wyposażone w elektroniczny układ umożliwiający opóźnienie ich zadziałania do 3 sekund. Są przeznaczone do użytku w sieciach, w których napięcie zasilania wyzwalacza może ulegać wahaniom lub krótkotrwałym zanikom i gdzie w takich przypadkach otwarcie wyłącznika jest niecelowe. Są również wyposażone w układ ograniczania poboru mocy.

Napięcia znamionowe: 48 V⎓, 220/250 V∿.

Napięcie wyzwolenia od 0,7 do 0,35 U_n.
Napięcie załączenia: 0,85 U_n.
Niemożliwe załączenie: ≤0,35 U_n.
Czas wyzwolenia: 3 s.
Maksymalny pobór mocy: 300 VA ograniczony do 20 VA po upływie 400 ms.

Cewki zamykania

Cewki te są stosowane do zdalnego sterowania zamykaniem wyłącznika, które jest możliwe przy wcześniejszym naciągnięciu sprężyn. Cewki są sterowane przez zestyk NO, który może być zasilany impulsowo (wyłączenie awaryjne) lub w sposób ciągły (zestyk przekaźnika).

Napięcia znamionowe: 24/30 V⎓, 48 V⎓, 230/250 V∿.
Dopuszczalne odchylenia napięcia: od 0,85 do 1,1 U_n.
Czas zamykania: 50 ms.
Pobór mocy: 300 VA (∿) lub 250 W (⎓).

Wyłącznik DMX można wyposażyć jednocześnie w:
- wyzwalacz napięciowy,
- wyzwalacz podnapięciowy,
- cewkę zamykania.

Napędy silnikowe

Napędy silnikowe są wykonywane na różne napięcia i są stosowane do automatycznego naciągu sprężyn zamykających. Uruchomienie silnika następuje samoczynnie po zamknięciu wyłącznika. Dzięki temu wyłącznik może zostać ponownie zamknięty zaraz po wykonaniu manewru otwarcia. Napęd silnikowy wraz z wyzwalaczami (napięciowym i/lub podnapięciowym) oraz cewka do zamykania umożliwiają zdalne sterowanie wyłącznikiem. Napęd jest łatwy do montażu (trzy wkręty). W przypadku zaniku napięcia zasilania możliwy jest ręczny naciąg sprężyn.

Napędy silnikowe są wyposażone w zestyki krańcowe, przerywające zasilanie silnika po dokonaniu naciągu.

Napięcia znamionowe: 24/30 V⎓, 48 V⎓, 230/250 V∿.
Dopuszczalne odchylenia napięcia: od 0,85 do 1,1 U_n.
Czas naciągania sprężyny: 3 s.
Maksymalny pobór mocy: 300 VA(∿) lub 250 W(⎓).

Na zamówienie można otrzymać wyposażenie do sterowania i sygnalizacji na inne napięcia znamionowe.

Montaż wyposażenia

Wyłączniki powietrzne DMX
(ciąg dalszy)

WYPOSAŻENIE DO SYGNALIZACJI

Styki sygnalizacyjne

Wszystkie wyłączniki DMX są wyposażone standardowo w 8 styków sygnalizacyjnych (5 NO + 3 NZ). Styk sygnalizacji alarmowej (1 NO) o nr. ref. 0269 52 jest przeznaczony do wskazania otwarcia wyłącznika na skutek zakłócenia (zadziałanie wyzwalacza nadprądowego). Styk ten pozostaje zamknięty do czasu zresetowania wyłącznika.
Dopuszczalne obciążenie: 5 A przy 125 V⎓, 0,25 A przy 250 V⎓, 10 A przy 250 V∿.
Kategoria pracy: AC23 – DC3 (dwa zestyki połączone szeregowo).

Styk sygnalizacji położenia

Możliwe jest zamontowanie dodatkowego zespołu 12 styków przełączalnych (6 NO + 6 NZ) o nr. ref. 269 50 w wyłącznikach w wersji wysuwnej do sygnalizacji położenia aparatu (przyłączony/test/odłączony) w kasecie. Zespół może być konfigurowany w zależności od potrzeb.

Przyłączanie i identyfikowanie wyposażenia

Elementy wyposażenia przyłącza się do listwy zaciskowej znajdującej się na płycie przedniej wyłącznika. Listwa posiada 32 zaciski. Identyfikacja wyposażenia jest możliwa na panelu czołowym urządzenia. Osłona jest wyposażona w okienka przez które łatwo można rozpoznać, jaka cewka została zastosowana w danym aparacie. Oprócz tego każdy wyłącznik posiada etykietę opisującą jego wyposażenie.

ELEMENTY BEZPIECZEŃSTWA I AKCESORIA DO BLOKOWANIA

Wyłączniki DMX produkcji Legrand można wyposażyć w kilka akcesoriów bezpieczeństwa.

- **Przy pomocy kłódek można zablokować:**
  – przyciski sterownicze,
  – przesłony izolacyjne,
  – wyłącznik w pozycji odłączony oraz możliwość włożenia korby.
- **Przy pomocy zamka można zablokować:**
  – otwarcie styków głównych,
  – wyłącznik w pozycji odłączony.
- **Przez zakładanie przesłon można zablokować:**
  – nastawienie wyzwalaczy,
  – włożenie korby,
  – wsunięcie niewłaściwego wyłącznika.
- **Przez zastosowanie blokady wewnętrznej można zablokować:**
  – przełączenie zasilania.

PRZEŁĄCZANIE ZASILANIA REZERWOWEGO

We wszystkich aparatach DMX w wersji stacjonarnej i wysuwnej można zamontować mechanizm blokady wewnętrznej, który gwarantuje „bezpieczeństwo mechaniczne" w momencie przełączenia zasilania.
Mechanizmy te montuje się z boku aparatów i steruje się nimi przez system cięgien. Taka technika umożliwia wykonanie przełącznika zasilania rezerwowego przy zastosowaniu aparatów o różnych gabarytach (wyłączniki lub rozłączniki 3P, 4P w wersjach stacjonarnej i wysuwnej).
Sterownie przez system cięgien daje możliwość zamontowania aparatów jeden nad drugim w jednej obudowie lub jeden obok drugiego w dwóch sąsiednich obudowach. Do blokady mechanicznej można dodać napęd silnikowy lub sterownik SZR, co sprawi, że przełączenie zostanie wykonane w sposób zautomatyzowany.

< Wyłączniki powietrzne DMX w układzie SZR. Oba wyłączniki zostały podłączone do wspólnych szyn odpływowych.

^ Mechanizm cięgnowy blokady wewnętrznej można dopasować do wszystkich wersji wyłączników DMX (w standardzie 2-metrowe cięgno).

< Sterownik SZR o nr. ref. 0261 93/94 do pełnej automatyzacji przełączania zasilania.

Na zamówienie można wykonać przełączniki zasilania składające się z trzech lub czterech aparatów, według żądanej konfiguracji.

Wyłączniki powietrzne DMX
(ciąg dalszy)

PRZYŁĄCZANIE APARATÓW DMX

Sposób wykonania przyłączeń i wymiary przyłączy są ważne, zwłaszcza w instalacjach z zastosowaniem aparatów dużej mocy. Aparaty DMX są standardowo wyposażone w przyłącza tylne. Aparaty w wersji stacjonarnej posiadają poziome, nieprzestawialne (stałe) przyłącza tylne. Dla wersji wysuwnej ustawienie przyłączy tylnych może być zmienione i dostosowane do ułożenia szyn zasilających (układ krawędziowy lub płaski).

Wymiary zacisków i minimalne przekroje szyn przyłączeniowych dla 1 bieguna

	Przyłącza tylne	I_e (A)	Szyny elastyczne (mm)	Szyny sztywne (mm)
DMX 2500 stacjonarny		800	1 x 50 x 10 lub 2 x 50 x 5	2 x 50 x 5
		1000	1 x 50 x 10 lub 2 x 50 x 5	2 x 50 x 5
		1250	2 x 50 x 5	1 x 50 x 10 + 1 x 50 x 5
		1600	1 x 50 x 10 + 1 x 50 x 5	2 x 50 x 10
		2000	2 x 50 x 10	2 x 60 x 10
		2500	3 x 50 x 10	3 x 60 x 10
DMX 2500 wysuwny		800	1 x 50 x 10 lub 2 x 50 x 5	2 x 50 x 5
		1000	2 x 50 x 5	2 x 63 x 5
		1250	1 x 50 x 10 + 1 x 50 x 5	2 x 63 x 5
		1600	2 x 50 x 10	1 x 60 x 10 + 1 x 63 x 5 lub 2 x 60 x 10
		2000	-	3 x 60 x 10 lub 2 x 80 x 10
		2500	-	4 x 60 x 10 lub 3 x 80 x 10
DMX-L 2500 DMX/DMX-L 4000 stacjonarne i wysuwne	Wersja stacjonarna	800	-	1 x 75 x 5 lub 1 x 80 x 5
		1000	-	1 x 100 x 5
		1250	-	2 x 75 x 5 lub 2 x 80 x 5
	Wersja wysuwna	1600	-	2 x 100 x 5
		2000	-	3 x 100 x 5 lub 2 x 80 x 10
		2500	-	2 x 100 x 10
		3200	-	3 x 100 x 10
		4000	-	4 x 100 x 10

< Przyłącza tylne w wersji wysuwnej mogą być ustawiane pionowo lub poziomo.

^ Przyłączenie 4 szyn 100 x 10 dla każdego przyłącza tylnego wyłącznika DMX 4000 w wersji wysuwnej.

Moment docisku śrub przyłącza tylnego: od 45 do 50 Nm.

^ Przyłączenie 2 szyn 80 x 10 dla każdego przyłącza tylnego wyłącznika DMX 2500 w wersji wysuwnej.

Przyłączanie: kilka zaleceń

Podłączenie ma zapewnić prawidłowe przewodzenie prądu oraz częściowo – odprowadzenie ciepła. Nie należy nigdy stosować zacisków o zmniejszonych wymiarach. Przyłącza powinny zapewnić zestyk na maksymalnej powierzchni. Odprowadzanie ciepła jest ułatwione przez zastosowanie szyn ułożonych krawędziowo. W przypadku przyłączenia do jednego zacisku nieparzystej liczby szyn należy umieścić większą liczbę szyn w górnej części zacisku.
Należy unikać łączenia szyn, które jest dodatkowym źródłem ciepła i wibracji. Między szynami należy umieścić przekładki dystansowe, tak aby zachować przestrzeń między szynami co najmniej taką samą jak ich grubość.

^ Przyłącze tylne wyłącznika DMX w wersji wysuwnej.

Wyłączniki powietrzne DMX
(ciąg dalszy)

CHARAKTERYSTYKI PRĄDOWE

Charakterystyka czasowo-prądowa wyłącznika DMX z wyzwalaczami MP17/MP18

■ **MP 17**
Nastawianie I_r, I_m, t_m na przednim panelu aparatu

- **Zabezpieczenie przeciążeniowe zwłoczne**
  I_r = (0,4 – 0,5 – 0,6 – 0,7 – 0,8 – 0,9 – 1) x I_n (7 nastaw)
  Zabezpieczenie w biegunie neutralnym na poziomie 50% wartości nastawianej dla biegunów fazowych.
- **Zabezpieczenie zwarciowe krótkozwłoczne**
  I_m = (2 – 3 – 4 – 6 – 8 – 10 – 12) x I_r (7 nastaw)
  t_m = bez zwłoki – 0,1 – 0,2 – 0,4 – 0,6 – 0,8 – 1,0 s (7 nastaw).
- **Zabezpieczenie zwarciowe bezzwłoczne**
  I_i = (OFF – 2 – 3 – 4 – 6 – 8 – 10) x I_n
  I_f = 50 kA dla wszystkich wyłączników DMX,
  80 kA dla wszystkich wyłączników DMX-L
  (dla I_i = OFF).

Charakterystyki całek Joule'a DMX z wyzwalaczami MP17/MP18

Charakterystyka czasowo-prądowa DMX z wyzwalaczami MP20

■ **MP20**
Nastawianie I_r, t_r, I_{mr}, t_{mr}, I_m, t_m

- **Zabezpieczenie przeciążeniowe zwłoczne**
  I_r = (od 0,4 do 1,0) x I_n (co 0,01)
  t_r = (od 0,25 do 35 s przy 7,2) x I_r (16 nastaw).
- **Zabezpieczenie zwarciowe zwłoczne**
  I_{mr} = (1,5 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 8 – 10 – 12) x I_r (9 nastaw)
  t_{mr}: stały jako funkcja tr.
- **Zabezpieczenie zwarciowe krótkozwłoczne**
  I_m = (1,5 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 8 – 10 – 12) x I_r (9 nastaw)
  t_m = bez zwłoki – 0,1 – 0,2 – 0,3 – 0,4 – 0,5 – 0,6 – 0,7 – 0,8 – 0,9 – 1,0 s (11 nastaw).
- **Zabezpieczenie zwarciowe bezzwłoczne**
  I_f = 50 kA dla wszystkich wyłączników DMX,
  80 kA dla wszystkich wyłączników DMX-L.

Charakterystyki całek Joule'a DMX z wyzwalaczami MP20

Wyłączniki mocy DPX

Wyłączniki DPX spełniają wymagania stawiane przez normy w zakresie zabezpieczania instalacji w budynkach użyteczności publicznej i przemyśle.
Można je montować (zależnie od wartości prądu znamionowego):
– do 250 A na wsporniku ⊔ TH 35 lub podstawie montażowej,
– do 1600 A na podstawie montażowej.

GAMA WYŁĄCZNIKÓW DPX

Montaż na wsporniku TH 35 ⊔ (lub podstawie montażowej) przy zastosowaniu osłony z wycięciami na aparaty modułowe			Montaż na podstawie montażowej – osłony mają odpowiednie wycięcia dla aparatów o poszczególnych prądach znamionowych		
DPX 125	**DPX 160**	**DPX 250 ER**	**DPX 250**	**DPX 630**	**DPX 1600**
Wyzwalacze termiczno-magnetyczne			**Wyzwalacze termiczno-magnetyczne i elektroniczne**		
Prądy znamionowe od 16 do 250 A			**Prądy znamionowe od 40 do 1600 A**		

Wyłączniki mocy DPX produkcji Legrand są dostępne z wyzwalaczami nadprądowymi termiczno-magnetycznymi lub elektronicznymi na prądy znamionowe od 16 do 1600 A, o zdolnościach zwarciowych od 16 do 70 kA. Głównymi zaletami tych wyłączników są ich małe gabaryty, łatwość instalowania i użytkowania oraz szeroki wybór akcesoriów dodatkowych (akcesoria dodatkowe są wspólne dla wszystkich wyłączników). Do wyłączników DPX można również dołączać bloki różnicowoprądowe.

W gamie aparatów DPX znajdują się również rozłączniki DPX-I (patrz str. 371).

Wyłączniki DPX 125, DPX 160 i DPX 250 ER razem z blokami różnicowoprądowymi bocznymi można montować na wsporniku TH 35 i stosować osłony z wycięciami pod aparaty modułowe. Wspornik dystansowy 0262 99 umożliwia zamontowanie na tym samym wsporniku TH 35 aparatów modułowych i wyłączników DPX.

Wyłączniki DPX z wyzwalaczami termiczno-magnetycznymi

W wyłącznikach wyposażonych w wyzwalacze termiczno-magnetyczne można ustawić progi wyzwolenia (zadziałania) termicznego dla zabezpieczenia przed przeciążeniami i progi wyzwolenia magnetycznego przed zwarciami.
Nastawa progu wyzwolenia magnetycznego jest możliwa we wszystkich wyłącznikach, począwszy od DPX 250. Próg ten jest ustalony na stałe w przypadku aparatów mających możliwość montowania na wsporniku TH 35 ⊥ (DPX 125, DPX 160 i DPX 250 ER).
Wyłączniki DPX z wyzwalaczami termiczno-magnetycznymi są dostępne na prądy znamionowe od 16 do 1250 A i mają zdolności zwarciowe od 16 do 70 kA.

Wyłączniki DPX z wyzwalaczami elektronicznymi

Wyłączniki DPX wyposażone w wyzwalacze elektroniczne (z mikroprocesorami) w zależności od wersji dają możliwość dokładnego regulowania progu wyzwolenia, w zależności od czasu i prądu w przypadku przeciążeń i zwarć. Mają również dodatkowe funkcje, takie jak selektywność logiczna i dynamiczna, ograniczenie poboru mocy, funkcje komunikacyjne itd.
Wyłączniki DPX z wyzwalaczami elektronicznymi są dostępne na prądy znamionowe od 40 do 1600 A. Mają zdolności zwarciowe od 36 do 70 kA.
Wyzwalacze elektroniczne są dostępne w trzech wersjach:
- S1: nastawa wartości I_r, I_m i selektywności dynamicznej,
- S2: nastawa wartości I_r, t_r, I_m, t_m i selektywności dynamicznej,
- Sg: nastawa wartości I_r, t_r, I_m, t_m, I_g, t_g i selektywności dynamicznej

DPX-H 630 z wyzwalaczem elektronicznym S2

Oznaczenie rodzaju wyłącznika
kolor żółty: DPX-H

Opis:
- numer referencyjny
- zdolność zwarciowa
- prąd znamionowy
- numer normy

Lampki kontrolne do sygnalizacji wyzwoleń

Przycisk testu

Nastawy (patrz str. 343)

Gniazdo testera

Miejsce plombowania dostępu do nastaw

Selektywność dynamiczna
- Low (niska)
- High (wysoka)

Lampki kontrolne:
- zielona: normalne działanie
- czerwona niepulsująca: $I \geq 0{,}9\ I_r$
- czerwona pulsująca: $I \geq 1{,}05\ I_r$

Nastawa zabezpieczenia bieguna neutralnego (0-0,5-1)

Okienko opisu wyłącznika

Wytrzymałość elektryczna i zgodność z normami

Wyłączniki mocy DPX
(ciąg dalszy)

PARAMETRY WYŁĄCZNIKÓW DPX

		DPX 125			DPX 160	DPX 250 ER	
Ilość biegunów		3P – 4P – 3P+N/2			3P–4P–3P+N/2	3P – 4P – 3P+N/2	
Zdolność zwarciowa		16 kA	25 kA	36 kA	36 kA	36 kA	50 kA
Prąd znamionowy I_n (A) przy 40°C – maksymalny		125	125	125	160	250	250
Napięcie znamionowe izolacji (V_i) V		500	500	500	500	500	500
Napięcie znamionowe udarowe wytrzymywane U_{imp} (kV)		6	6	6	6	6	6
Napięcie znamionowe łączeniowe U_e (V)	prąd zmienny	500	500	500	500	500	500
	prąd stały[2]	250	250	250	250	250	250
Prąd znamionowy wyłączalny zwarciowy graniczny I_{cu} (kA)	230/240 V∿	22	35	40	50	50	65
	400/415 V∿	16	25	36	36	36	50
	440 V∿	10	18	20	25	25	30
	480/500 V∿	8	12	14	12	12	15
	600 V∿	-	-	-	-	-	-
	690 V∿	-	-	-	-	-	-
(2 bieguny połączone szeregowo)	250 V⎓[2]	16	25	30	36	26	40
Prąd znamionowy wyłączalny zwarciowy eksploatacyjny I_{cs} (% I_{cu})		100	50	75	75	75	50
Prąd znamionowy załączalny zwarciowy I_{cm} (kA) przy 400 V∿		32	52,5	75,6	75,6	75,6	105
Kategoria pracy		A	A	A	A	A	A
Zdolność do rozłączania		TAK	TAK	TAK	TAK	TAK	TAK
Wyzwalacz	termiczno-magnetyczny	•	•	•	•	•	•
	elektroniczny S1						
	elektroniczny S2, S_g						
Prądy znamionowe wyłączników		16, 25, 40, 63, 100, 125	16, 25, 40, 63, 100, 125	16, 25, 40, 63, 100, 125	40, 63, 100, 160	63, 100, 160, 250	160, 250
Elektroniczne bloki różnicowoprądowe[3]	boczne	•	•	•	•	•	•
	dolne	•	•	•	•	•	•
Trwałość	mechaniczna	25 000	25 000	25 000	20 000	20 000	20 000
	łączeniowa przy I_n	8000	8000	8000	8000	8000	8000
	łączeniowa przy 0,5 I_n	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000
Wymiary: Szer. x Wys. x Głęb. (mm)	3P	75,6 x 120 x 74			90 x 150 x 74	90 x 176 x 74	
	4P	101 x 120 x 74			120 x 150 x 74	120 x 176 x 74	
Masa (kg)	3P	1			1,2	1,2	
	4P	1,2			1,6	1,6	

(1) Zabezpieczenie w biegunie neutralnym, ustawiane na przedniej ściance wyłącznika.
(2) W przypadku napięć wyższych od 250 V⎓ prosimy o kontakt z Infolinią.
(3) Powyżej 630 A należy stosować przekaźniki różnicowoprądowe z przekładnikami.

	DPX 250		DPX 250 z wyzwalaczem elektronicznym		DPX 630		DPX 630 z wyzwalaczem elektronicznym		DPX 1250		DPX 1600 z wyzwalaczem elektronicznym	
	3P – 4P – 3P+N/2		3P – 4P[1]		3P – 4P – 3P+N/2		3P – 4P[1]		3P – 4P – 3P+N/2		3P – 4P[1]	
	36 kA	70 kA	36 kA	70 kA	36 kA	70 kA	36 kA	70 kA	50 kA	70 kA	50 kA	70 kA
	250	250	250	250	630	630	630	630	1250	1250	1600	1600
	690	690	690	690	690	690	690	690	690	690	690	690
	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	690	690	690	690	690	690	690	690	690	690	690	690
	250	250	-	-	250	250	-	-	250	250	-	-
	60	100	60	100	60	100	60	100	80	100	80	100
	36	70	36	70	36	70	36	70	50	70	50	70
	30	60	30	60	30	60	30	60	45	65	45	65
	25	40	25	40	25	40	25	40	35	45	35	45
	20	25	20	25	20	25	20	25	25	35	25	35
	16	20	16	20	16	20	16	20	20	25	20	25
	36	40	-	-	36	40	-	-	50	50	-	-
	100	75	100	75	100	75	100	75	100	75	100	75
	75,6	154	75,6	154	75,6	154	75,6	154	105	154	105	154
	A	A	A	A	A	A	A (630 A) B (<630 A)	A (630 A) B (<630 A)	A	A	B	B
	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	•	•			•	•			•	•		
			•	•			•	•			•	•
							•	•			•	•
	63, 100, 160, 250	63, 100, 160, 250	40, 100, 160, 250	40, 100, 160, 250	320, 400, 500, 630	320, 400, 500, 630	250, 400, 630	250, 400, 630	630, 800, 1000, 1250	630, 800, 1000, 1250	630, 800 1250, 1600	630, 800 1250, 1600
	•	•	•	•	•	•	•	•				
	20 000	20 000	20 000	20 000	15 000	15 000	15 000	15 000	10 000	10 000	10 000	10 000
	8000	8000	8000	8000	5000	5000	5000	5000	4000	4000	3000	3000
	10 000	10 000	10 000	10 000	8000	8000	8000	8000	8000	8000	6000	6000
	105 x 200 x 105		105 x 200 x 105		140 x 260 x 105		140 x 260 x 105		210 x 320 x 140		210 x 320 x 140	
	140 x 200 x 105		140 x 200 x 105		183 x 260 x 105		183 x 260 x 105		280 x 320 x 140		280 x 320 x 140	
	2,5		2,5		od 4,5 do 5, 8		od 5,3 do 5,8		12,2		od 12,2 do 18	
	3,7		3,7		od 6,4 do 7,4		od 6,8 do 7,4		15,1		od 15,1 do 23,4	

Wyłączniki mocy DPX
(ciąg dalszy)

WYZWALACZE NADPRĄDOWE

Zakresy regulacji wyzwalaczy termiczno-magnetycznych wyłączników DPX

	DPX 125	DPX 160 DPX 250 ER	DPX 250	DPX 630	DPX 1250
① **Próg wyzwolenia przeciążeniowego: I_r (zwłoczny)**	od 0,7 do 1 I_n	od 0,64 do 1 I_n	od 0,64 do 1 I_n	od 0,8 do 1 I_n	od 0,8 do 1 I_n
② **Próg wyzwolenia zwarciowego: I_m (bezzwłoczny)**	wartość stała: 10 I_n (100 i 125 A)	wartość stała: 10 I_n	od 3,5 do 10 I_n	od 5 do 10 I_n	od 5 do 10 I_n

Zakresy regulacji wyzwalaczy elektronicznych wyłączników DPX

Nastawy	**DPX 250, DPX 630 i DPX 1600 – Elektroniczny S1**	**DPX 630 i DPX 1600 – Elektroniczny S2**
① **Próg wyzwolenia przeciążeniowego: I_r (zwłoczny)**	(0,4 – 0,5 – 0,6 – 0,7 – 0,8 – 0,85 – 0,9 – 0,95 – 1) x I_n	
② **Czas zadziałania przy I_r: t_r**	stały: 5 s (dla I = 6 x I_r)	5 – 10 – 20 – 30 s (dla I = 6 x I_r)
③ **Próg wyzwolenia zwarciowego krótkozwłocznego: I_m**	(1,5 – 2 – 2,5 – 3 – 4 – 5 – 6 – 8 – 10) x I_r	
④ **Czas zadziałania przy I_m: t_m**	stały: 0,05 s	0 – 0,1 – 0,2 – 0,3 s
I^2t stałe	nie	tak (t_m: 0,01 – 0,1 – 0,2 – 0,3 s)
Wyłączenie bezzwłoczne (wartość stała): I_f	DPX 250: 4 kA DPX 630: 5 kA DPX 1600: 10 kA (630-800 A); 15 kA (1250 A); 20 kA (1600 A)	
Zabezpieczenie w biegunie neutralnym	(0 – 0,5 – 1) x I_n	
Pamięć termiczna	nie	tak
Selektywność dynamiczna	niska/wysoka	
Selektywność logiczna	nie	tak

Nastawy wyzwalaczy

Wyzwalacz termiczno-magnetyczny

Próg wyzwolenia przeciążeniowego (termiczny zwłoczny)

Próg wyzwolenia zwarciowego (magnetyczny bezzwłoczny)

Wyzwalacze elektroniczne

S1

Zabezpieczenie w biegunie neutralnym

Selektywność dynamiczna (wysoka/niska)

Próg wyzwolenia przeciążeniowego (zwłoczny)

Próg wyzwolenia zwarciowego (bezzwłoczny)

S2

Zabezpieczenie w biegunie neutralnym

Selektywność dynamiczna (wysoka/niska)

Czas zadziałania (zwłoczny)

Czas zadziałania (bezzwłoczny)

Zaawansowane funkcje

Wyzwalacze elektroniczne do wyłączników DPX posiadają następujące dodatkowe funkcje:

- **Pamięć termiczną: w ramach pracy zabezpieczenia przeciążeniowego ich pamięć termiczna rejestruje stany przetężeń. Jeżeli stany te ustępują – są wykasowywane z pamięci. Natomiast jeżeli następują kolejne przetężenia lub trwają one ciągle, to są sumowane i zapisywane w pamięci. Proporcjonalnie do wielkości przetężenia czas zadziałania wyzwalacza przeciążeniowego (t_r) zostaje automatycznie zmniejszony. Gwarantuje to prawidłowe zabezpieczenie kabli.**
- **Nastawę zabezpieczenia bieguna neutralnego na przedniej ściance wyłącznika (0%, 50%, 100% prądu bieguna fazowego).**
- **Selektywność dynamiczną: możliwą do stosowania przy dwóch aparatach podłączonych szeregowo.**
- **Selektywność logiczną: specjalne połączenie między dwoma wyłącznikami, które powoduje, że wyłącznik zamontowany powyżej ma dodatkową zwłokę 50 ms, i pozostawia czas wyłącznikowi poniżej na wyłączenie (selektywność całkowita).**
- **Funkcję ograniczania: gdy przez wyłącznik przepływa prąd o wartości powyżej 105% I_r, można wówczas przy wykorzystaniu styków wyjściowych odłączyć obwody niepriorytetowe. Funkcja ograniczania jest wyłączana automatycznie, gdy obciążenie aparatu spada poniżej 85% I_r.**
- **Sygnalizację obciążenia wyłącznika przez kontrolkę LED na ściance przedniej (kolor zielony: działanie normalne; kolor czerwony niepulsujący: $I \geq 0{,}9\ I_r$; kolor czerwony pulsujący: $I \geq 1{,}05\ I_r$).**
- **Na przedniej ścianie wyłącznika znajduje się wejście do podłączenia testera.**
- **Zabezpieczenie na wypadek usterki mikroprocesora.**

Wyłączniki mocy DPX
(ciąg dalszy)

SPOSÓB MONTOWANIA I PRZYŁĄCZANIA ORAZ AKCESORIA

Zaciski i akcesoria przyłączeniowe

Zaciski przyłączeniowe, przegrody międzybiegunowe

Osłona przyłączy

Przedłużki rozszerzające

Napęd obrotowy

Gniazdo (podstawa) do przyłączenia wyłącznika w wykonaniu gniazdowym i mechanizm „debro-lift" (ramka ruchoma) dla wyłącznika w wykonaniu wysuwnym

Napęd silnikowy

Komplet trzpieni z nakrętkami

Komplet trzpieni z końcówkami płaskimi

Blok różnicowoprądowy

Różne sposoby montażu wyłączników DPX

Sposób montażu			DPX 125			DPX 160			DPX 250 ER			DPX 250		DPX 630		DPX 1 600
			sam DPX	z blokiem róż.-prąd. bocznym	z blokiem róż.-prąd. dolnym	sam DPX	z blokiem róż.-prąd. bocznym	z blokiem róż.-prąd. dolnym	sam DPX	z blokiem róż.-prąd. bocznym	z blokiem róż.-prąd. dolnym	sam DPX	z blokiem róż.-prąd. dolnym	montowany samodzielnie	z blokiem róż.-prąd. dolnym	sam DPX
Na wsporniku TH 35			●	●		●	●		●	●						
Na podstawie montażowej:	Wersja stacjonarna	Przyłączenie górne	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Przyłączenie tylne	●		●	●		●	●		●	●	●	●	●	●
	Wykonanie gniazdowe	Przyłączenie górne	●			●			●		●	●	●	●		●
		Przyłączenie tylne	●			●			●		●	●	●	●	●	
	Wykonanie wysuwne	Przyłączenie górne										●	●	●	●	●
		Przyłączenie tylne										●	●	●	●	●

Wykonanie gniazdowe i wysuwne wyłączników DPX

Wyłączniki i rozłączniki DPX w wykonaniach gniazdowym i wysuwnym umożliwiają spełnienie wszelkich wymagań w zakresie zachowania bezpieczeństwa instalacji.

Wykonanie gniazdowe

Wyłączniki w wykonaniu gniazdowym można wpinać i wypinać z instalacji bez wyłączania napięcia w obwodzie. Odłączanie i przyłączanie można wykonywać tylko wtedy, gdy wyłącznik jest otwarty. Wyłączniki w wersji gniazdowej mogą w niektórych przypadkach wykonywać funkcje rozłączania i wyłączenia awaryjnego, ale zwykle są stosowane z powodu możliwości szybkiej wymiany, co w dużym stopniu ułatwia wykonywanie przeglądów i czynności serwisowania.
Często oznacza się je literą D (od ang. zwrotu *disconnectable parts*).

< DPX 250 w wykonaniu gniazdowym, montaż na podstawie montażowej, podłączenie tylne.

Podstawowe elementy wykonań gniazdowych i wysuwnych

Wykonanie gniazdowe

podstawa + DPX + tulejki stykowe

Wykonanie wysuwne

podstawa + mechanizm wysuwny + DPX + tulejki stykowe

Wyłączniki mocy DPX
(ciąg dalszy)

Wykonanie wysuwne

Wyłączniki w wykonaniu wysuwnym, poza takimi samymi zaletami, jakie posiadają w wykonaniu gniazdowym (łatwa wymiana aparatu oraz widoczna przerwa stykowa), umożliwiają przez zastosowanie mechanizmu wysuwnego, który wykonuje przyłączanie i odłączanie aparatu, wykonanie testów, pomiarów obwodów dodatkowych, odizolowanie obwodów głównych. Wykonanie to umożliwia wizualizację stanu obwodów oraz zablokowanie aparatu w przypadku wykonywania napraw lub przeglądów instalacji (kłódki, zamki).
Wyłączniki w wykonaniu wysuwnym mogą być oznaczane literą W (z ang. *withdrawable parts*).

< DPX 1600 w wykonaniu wysuwnym.

Mechanizm wysuwania

Łatwy w instalowaniu mechanizm wysuwania (dwa wkręty) montuje się na podstawach montażowych. Manewry przyłączony/odłączony wykonuje się mechanicznie przy użyciu specjalnej korby.
Mechanizm ten ustala trzy pozycje aparatu, które są sygnalizowane również przez sygnalizatory:
*** pozycja „przyłączony": obwód główny i obwody pomocnicze są przyłączone, sygnalizator czerwony,**
*** pozycja „test": obwód główny jest odłączony, obwody pomocnicze są przyłączone, sygnalizator żółty,**
*** pozycja „odłączony": obwody główne i obwody pomocnicze są odłączone, sygnalizator zielony.**

Sygnalizacja poszczególnych pozycji wyłącznika.

XL-Part

System XL-Part realizuje zasilanie i rozdział prądów do 1600 A. Łącząc w sobie wiele innowacyjnych funkcji, system ten stanowi doskonałe rozwiązanie dla rozdziału energii w budynkach przemysłowych i w budynkach użyteczności publicznej. Jest to rozwiązanie łatwe i skuteczne, które optymalizuje jakość i szybkość wykonywania instalacji. Podstawy pod wyłączniki DPX dla wykonań gniazdowych i wysuwnych instaluje się bezpośrednio na szynach zasilających. Ułatwia to znacznie montaż aparatów i zmniejsza ilość wykonywanych połączeń.

Wyposażenie pomocnicze do wyłączników DPX

Wyzwalacz napięciowy (wzrostowy)

Jest przeznaczony do zdalnego wyłączenia aparatu. Rozłączenie następuje po podaniu napięcia na cewkę wyzwalacza.

Wyzwalacz podnapięciowy

Wyzwalacz podnapięciowy umożliwia bezzwłoczne wyłączenie aparatu przy spadku lub zaniku napięcia. Wyzwalacze podnapięciowe mogą współpracować z modułem czasowym (opóźnienie o 800 ms), co umożliwia ograniczenie wyłączeń aparatu przy krótkotrwałych zanikach napięcia.

Dostępne są wyzwalacze na różne napięcia. Montuje się je po lewej stronie wyłącznika, pod pokrywą.

Styki pomocnicze, sygnalizacyjne i alarmowe

Przeznaczone do sygnalizacji i przekazywania informacji o stanie wyłącznika. Styki pomocnicze (CA) wskazują czy wyłącznik jest otwarty, czy zamknięty. Natomiast styki alarmowe (SD) sygnalizują, że wyłącznik jest w pozycji „odłączony" na skutek zadziałania wyzwalaczy wyłącznika, bloku różnicowoprądowego lub wysunięcia wyłącznika.
Te same styki (nr. ref. 0261 60) spełniają funkcję styków sygnalizacyjnych lub alarmowych w zależności od miejsca ich zamontowania wewnątrz wyłącznika. Styki te montuje się po prawej stronie wyłącznika, pod pokrywą.

Parametry wyzwalaczy

Rodzaj wyzwalacza	Napięciowy	Podnapięciowy
Napięcie wyzwolenia (% U_n)	od 70 do 100	od 35 do 70
Napięcie załączenia (%U_n)	-	od 85 do 110
Czas odłączenia	<50 ms	<50 ms
Pobór mocy		
Prąd przemienny (VA)	300	5
Prąd stały (W)	300	1,6

Parametry styków sygnalizacyjnych i alarmowych

Napięcie znamionowe (V)	Zmienne (V∿)	od 24 do 230
	Stałe (V⎓)	od 24 do 230
Dopuszczalny prąd (A)	110 V∿	4
	230 V∿	3
	24 V⎓	5
	48 V⎓	1,7

Montowanie wyposażenia pomocniczego do sterowania i sygnalizacji

Wyposażenie pomocnicze montuje się na przedniej ściance wyłącznika, w specjalnie wydzielonym gnieździe. Przewód wyprowadza się z boku lub z tyłu wyłącznika. W przypadku wykonań gniazdowych lub wysuwnych wyposażenie pomocnicze podłącza się przy pomocy specjalnych konektorów (nr. ref. 098 19 i 263 99).

Maks. ilość wyposażenia przyłączanego do DPX

	CA	SD	Wyzwalacz
DPX 125, DPX 160, DPX 250 ER	1	1	1
DPX 250	2	1	1
DPX 630	2	2	1
DPX 1600	3	1	1

Wyzwalacze

Styk pomocniczy

Wyłączniki mocy DPX
(ciąg dalszy)

Napędy silnikowe

Napędy silnikowe sterują zdalnie załączaniem i wyłączaniem aparatów DPX. Montuje się je na przedniej ściance wyłączników. Napędy silnikowe można blokować. Zastosowanie napędu silnikowego nie wpływa na sposób montażu wyłącznika, na wykonywanie przyłączeń ani na stosowanie wyposażenia pomocniczego.

Parametry napędów silnikowych

Rodzaj wyłącznika		DPX 250	DPX 630	DPX 1600
Napięcie zasilania		24, 48 V⎓ 230 V∿	24, 48 V⎓ 230 V∿	24, 48 V⎓ 230 V∿
Czas otwarcia + zazbrojenia		2 s	2 s	od 10 do 13 s
Czas otwarcia		⩽50 ms	⩽50 ms	⩽50 ms
Czas zamknięcia		⩽100 ms	⩽100 ms	⩽100 ms
Pobór mocy	24 V⎓	200 W	300 W	110 W
	230 V∿	200 VA	300 VA	500 VA
Trwałość mechaniczna (ilość cykli)		10 000	10 000	5000

Przełącznik zasilania rezerwowego

Układy przełączania zasilania rezerwowego można wykonać przy użyciu aparatów DPX 125, 160, 250, 630 i 1600 (wyłączniki lub rozłączniki) w wykonaniu stacjonarnym lub wysuwnym. Układy SZR są dostępne w trzech rodzajach:
- SZR ręczny: podstawa montażowa jest wyposażona w blokadę mechaniczną, która uniemożliwia jednoczesne załączenie dwóch zamontowanych na niej aparatów. Załącznie jednego z nich jest możliwe tylko wtedy, gdy drugi jest wyłączony.
- SZR zdalnie sterowany: aparaty są wyposażone w napędy silnikowe, sterowanie jest wykonywane zdalnie (od DPX 250 do DPX 1600).
- SZR automatyczny: sterownik SZR w wersji standardowej lub wyposażony w funkcje komunikacyjne z możliwością pracy na różne napięcia (12, 24, 48 V⎓, 220, 240 V∿) przejmuje sterownie układem SZR (od DPX 250 do DPX 1600).

< Sterownik SZR o nr. ref. 0261 93 steruje przełączaniem zasilania rezerwowego.

< Wyłączniki DPX 250 zamontowane w układzie SZR, wyposażone w napędy silnikowe.

Sposób przyłączania wyłączników DPX

Aby umożliwić jak najwięcej sposobów przyłączania kabli oraz szyn zasilających do DPX, dostępnych jest wiele akcesoriów przyłączeniowych. Dostępne są w ofercie zaciski, zaciski rozgałęźne, przedłużki rozszerzające, przedłużki przyłączeniowe, przyłącza tylne z nakrętkami lub z płaskimi końcówkami.

Wszystkie wyłączniki DPX mogą być zasilane przez zaciski górne lub dolne, co nie wpływa na jakość ich działania.

Dostępne akcesoria przyłączeniowe w zależności do wyłącznika i sposobu wykonania przyłączenia

Wersja	Sposób wykonania		DPX 125	DPX 160	DPX 250 ER	DPX 250	DPX 630	DPX 1600
Wersja stacjonarna	Przyłącze górne	Zaciski w aparacie		standard	standard	standard	standard	standard
		Zaciski klatkowe	standard	•	•	•	•	•
		Zaciski przyłączeniowe tulejkowe		•			•	•
		Adapter końcówek kablowych		•		•	•	•
		Przedłużki rozszerzające			•	•	•	•
		Przyłącza rozdzielcze						
	Przyłącze tylne	Komplet trzpieni z nakrętkami	•	•	•	•	•	
		Komplet trzpieni z końcówkami płaskimi				•	•	
		Komplet przyłączy tylnych krótkich						•
		Komplet przyłączy tylnych długich						•
Wykonanie gniazdowe	Przyłącze górne	Zaciski w aparacie	•	•	•	•	•	
	Przyłącze tylne	Komplet trzpieni z nakrętkami	•	•	•	•	•	
		Komplet trzpieni z końcówkami płaskimi				•	•	
Wykonanie wysuwne	Przyłącze górne	Zaciski w aparacie				•	•	•
	Przyłącze tylne	Komplet trzpieni z nakrętkami				•	•	
		Komplet trzpieni z końcówkami płaskimi				•	•	
		Komplet końcówek płaskich						•

Wyłączniki mocy DPX
(ciąg dalszy)

Tabele poniżej podają sposoby przyłączania wyłączników przy użyciu odpowiednich akcesoriów.

Sposób przyłączenia: maksymalna wielkość zacisku na biegun								
Rodzaj wyłącznika	Sposób przyłączenia	Szyny miedziane	Przewody		Końcówki miedziane		Końcówki aluminiowe	
					standardowe	kompaktowe	standardowe	kompaktowe
		Szerokość (mm)	Przekrój (mm²)		S - Ø (mm²-mm)	S - Ø (mm²-mm)	S - Ø (mm²-mm)	S - Ø (mm²-mm)
			drut	linka				
DPX 125 wykonanie stacjonarne	Zaciski klatkowe (dostarczane z DPX)	12	70	70				
	Przyłącza rozdzielcze nr ref. 048 67		6 x 35	6 x 25				
	Przyłącza tylne śrubowe nr. ref. 0263 00/01	15						
DPX 125 wykonanie gniazdowe	Gniazdo z przyłączem górnym nr. ref. 0263 02/04							
	Gniazdo z przyłączem tylnym nr. ref. 0263 03/05	15						
DPX 160 wykonanie stacjonarne	Przyłączenie bezpośrednio do zacisków aparatu	18			50-6			50-8
	Zaciski klatkowe nr ref. 0262 18	13	95	70				
	Adapter końcówek kablowych nr ref. 0262 17	20			70-10			185-10
	Zaciski przyłączeniowe tulejkowe nr ref. 0262 19		120	95				
	Przyłącza rozdzielcze nr ref. 0048 67		6 x 35	6 x 25				
	Przyłącza tylne śrubowe nr. ref. 0263 10/11	25			120-8	185-10		120-10
DPX 160 wykonanie gniazdowe	Gniazdo z przyłączem górnym nr. ref. 0263 12/14/16							
	Gniazdo z przyłączem tylnym nr. ref. 0263 13/15/17	25			120-8	185-10		120-10

SPOSÓB MONTOWANIA I PRZYŁĄCZANIA ORAZ AKCESORIA

Sposób przyłączenia: maksymalna wielkość zacisku na biegun

Rodzaj wyłącznika	Sposób przyłączenia	Szyny miedziane	Przewody		Końcówki miedziane		Końcówki aluminiowe	
		Szerokość (mm)	Przekrój (mm²) drut	Przekrój (mm²) linka	S - Ø (mm²-mm)	S - Ø (mm²-mm)	S - Ø (mm²-mm)	S - Ø (mm²-mm)
DPX 250 ER wykonanie stacjonarne	Przyłączenie bezpośrednio do zacisków aparatu	20			70-8			
	Zaciski klatkowe nr ref. 0262 88	18	185	150				
	Przedłużki rozszerzające nr. ref. 0262 90/91	32			185-12	300-10	240-12	300-10
	Przyłącza rozdzielcze nr ref. 0048 68			4 x 35 + 2 x 25				
	Przyłącza tylne śrubowe nr. ref. 0265 10/11				185-12		240-12	
DPX 250 ER wykonanie gniazdowe	Gniazdo z przyłączeniem górnym nr. ref. 0265 14/15				95-8	185-10	95-12	185-10
	Gniazdo z przyłączeniem tylnym nr. ref. 0265 16/17				185-12		240-12	
DPX 250 wykonanie stacjonarne	Przyłączenie bezpośrednio do zacisków aparatu	25			95-8	185-10		185-10
	Zaciski klatkowe nr ref. 0262 35	18	185	150				
	Przedłużki przyłączeniowe nr ref. 0262 32	25			150-12	300-10	240-12	300-10
	Przedłużki rozszerzające nr. ref. 0262 33/34	32			185-12	300-10	240-12	300-10
	Przyłącza rozdzielcze nr ref. 0048 68			4 x 35 + 2 x 25				
	Przyłącza tylne śrubowe nr. ref. 0263 31/32	25			185-12		240-12	
	Przyłącza tylne płaskie nr. ref. 0265 27/28	25			95-10	185-10	150-12	185-10
DPX 250 wykonanie gniazdowe lub wysuwne	Gniazdo z przyłączem górnym nr. ref. 0265 31/32/37	20						
	Gniazdo z przyłączem tylnym nr. ref. 0265 33/34/38	25			185-12		240-12	
	Gniazdo z przyłączem tylnym płaskim nr. ref. 0265 35/36/39	25			95-10	185-10	150-12	185-10
	Podstawa XL-Part 1600 nr. ref. 0098 25/26/27/28	20			2 x 95-8	2 x 195-10		2 x 185-10

Wyłączniki mocy DPX
(ciąg dalszy)

Sposób przyłączenia: maksymalna wielkość zacisku na biegun								
Rodzaj wyłącznika	Sposób przyłączenia	Szyny miedziane	Przewody		Końcówki miedziane		Końcówki aluminiowe	
		Szerokość (mm)	Przekrój (mm²) drut	linka	S - Ø (mm²-mm)	S - Ø (mm²-mm)	S - Ø (mm²-mm)	S - Ø (mm²-mm)
DPX 630 wykonanie stacjonarne	Przyłączenie bezpośrednio do zacisków aparatu	32			150-12	300-10	240-12	300-10
	Zaciski klatkowe nr ref. 0262 88	25	300	240				
	Zaciski przyłączeniowe tulejkowe nr ref. 0262 51		2 x 240	2 x 185				
	Przedłużki przyłączeniowe nr ref. 0262 47	32			2 x 150-12	2 x 300-10	2 x 240-12	2 x 300-10
	Przedłużki rozszerzające nr. ref. 0262 48/49	50			2 x 185-12	2 x 300-10	2 x 240-16	2 x 300-10
	Przyłącza tylne nr. ref. 0263 50/51	32			2 x 300-16		2 x 300-16	
	Przyłącza tylne płaskie nr. ref. 0263 50/51	40			2 x 185-12	2 x 300-10	2 x 240-12	2 x 300-10
DPX 630 wykonanie gniazdowe lub wysuwne	Gniazdo z przyłączem górnym nr. ref. 0265 52/53/58	25			150-12	300-10	240-12	300-10
	Gniazdo z przyłączem tylnym nr. ref. 0265 54/55/59	32			2 x 300-16		2 x 300-16	
	Gniazdo z przyłączem tylnym płaskim nr. ref. 0265 56/57/60	40			2 x 185-12	2 x 300-10	2 x 240-12	2 x 300-10
	Podstawa XL-Part 1600 nr. ref. 0098 71/72/73/74	25			150-12	2 x 300-10	2 x 240-12	2 x 300-10
DPX 1600 wykonanie stacjonarne	Przyłączenie bezpośrednio do zacisków aparatu	50			300-14		300-16	
	Zaciski przyłączeniowe tulejkowe dla 2 przewodów nr. ref. 0262 69		2 x 240	2 x 185				
	Zaciski przyłączeniowe tulejkowe dla 4 przewodów nr ref. 0262 70		4 x 240	4 x 158				
	Przedłużki do przyłączenia szyn zasilających nr ref. 0262 67/68	50			2 x 300-14		2 x 300-16	2 x 300-14
	Przedłużki rozszerzające nr. ref. 0262 73/74	80			4 x 300-14		2 x 300-16	2 x 300-14
	Przyłącza tylne krótkie nr. ref. 0263 31/32	50			2 x 300-14		2 x 300-16	2 x 300-14
	Przyłącza tylne długie nr. ref. 0265 27/28	50			3 x 300-14		3 x 300-16	3 x 300-14
DPX 1600 wykonanie gniazdowe lub wysuwne	Gniazdo z przyłączem górnym nr. ref. 0265 31/32/37	50			4 x 120-12 2 x 300-14	4 x 185-10	2 x 300-14	4 x 150-10
	Gniazdo z przyłączem tylnym nr. ref. 0265 33/34/38	50			2 x 185-12		2 x 240-12	

BLOKI RÓŻNICOWOPRĄDOWE DO DPX

Wyłączniki DPX o prądach znamionowych do 630 A mogą mieć dołączony blok różnicowoprądowy. Przyłączenie bloku różnicowoprądowego nie wpływa na zmianę parametrów wyłącznika DPX ani na możliwości przyłączania wyposażenia dodatkowego. W przypadku małych aparatów (do DPX 250 ER) istnieje możliwość wyboru pomiędzy dwoma rodzajami bloków różnicowoprądowych, które różnią się tylko sposobem montowania. Mamy do wyboru: blok różnicowoprądowy boczny (który można zamontować na tym samym wsporniku TH 35 co wyłącznik) oraz blok różnicowoprądowy dolny.
W przypadku DPX 250 i DPX 630 bloki różnicowoprądowe montuje się zawsze u dołu wyłącznika, natomiast w przypadku wyłączników DPX 1600 zaleca się stosowanie przekaźników różnicowo-prądowych z przekładnikami.

Więcej informacji na temat bloków różnicowo-prądowych znajduje się na stronie 390.

^ DPX 250 ER z blokiem różnicowoprądowym bocznym.

Przekaźnik różnicowoprądowy z przekładnikiem

Umożliwia dodanie funkcji różnicowoprądowej do wyłączników DPX i rozłączników DPX-I wyposażonych w wyzwalacze.

Parametry bloków różnicowoprądowych do DPX

Rodzaj wyłącznika		DPX 125		DPX 160		DPX 250 ER		DPX 250	DPX 630
Sposób montażu bloku		boczny	dolny	boczny	dolny	boczny	dolny	dolny	dolny
Prąd znamionowy I_n (A)		125	125	160	160	160/250	160/250	250	400/630
Ilość biegunów		3-4	4	3-4	4	4	4	3-4	3-4
Wymiary (mm)	szerokość	101	101	120	120	120	120	140	183
	głębokość	74	74	74	74	74	74	105	105
	wysokość	120	90	150	115	150	108	108	152
Napięcie znamionowe U_e V∿ (50–60 Hz)		500	500	500	500	500	500	500	500
Napięcie użytkowe V∿ (50–60 Hz)		230-500	230-500	230-500	230-500	230-500	230-500	230-500	230-500
Znamionowy prąd różnicowy $I_{\Delta n}$ (A)		0,03-0,3-1-3	0,03-0,3-1-3	0,03-0,3-1-3	0,03-0,3-1-3	0,03-0,3-1-3	0,03-0,3-1-3	0,03-0,3-1-3	0,03-0,3-1-3
Czas zadziałania Δt (s)		0-0,3-1-3	0-0,3-1-3	0-0,3-1-3	0-0,3-1-3	0-0,3-1-3	0-0,3-1-3	0-0,3-1-3	0-0,3-1-3
Wykrywanie upływności ze składową prądu stałego		●	●	●	●	●	●	●	●
Montaż na wsporniku TH 35		●		●		●			
Wykonanie	Stacjonarne, przyłącze górne	●	●	●	●	●	●	●	●
	Stacjonarne, przyłącze tylne		●		●		●	●	●
Zaciski przyłączeniowe	Dostarczane razem z DPX	●	●						
	Dostarczane na zamówienie			●	●	●	●	●	●

Wyłączniki mocy DPX
(ciąg dalszy)

SZCZEGÓLNE RODZAJE ZASTOSOWAŃ

Zastosowanie w układzie sieci IT

W układzie sieci IT należy wziąć pod uwagę zdolność zwarciową na biegun dla wyłączenia przy prądzie podwójnego uszkodzenia (patrz str. 245).

Zdolność zwarciowa jednego bieguna przy 400 V zgodnie z normą EN 60947-2	
DPX 125	9 kA
DPX 160	9 kA
DPX 250 ER	9 kA
DPX 250	16 kA(1)
DPX-H 250	20 kA(1)
DPX 630	16 kA(1)
DPX-H 630	20 kA(1)
DPX 1600	20 kA(1)
DPX-H 1600	25 kA(1)

(1) Wartość zdolności zwarciowej na jeden biegun jest równa wartości zwarciowej przy 690 V w sieci trójfazowej.

Podwyższone temperatury

Wyłącznik jest przystosowany do pracy przy danym I_n i w temperaturze otoczenia, która wynosi 40°C (norma EN 60947-2). Gdy temperatura otoczenia na zewnątrz obudowy, w której zamontowane są wyłączniki DPX, przekracza tę wartość, należy zmniejszyć prąd użytkowy, aby uniknąć wystąpienia niepożądanych wyłączeń.
W tabeli obok wartość minimalna prądu użytkowego odpowiada minimalnej nastawie wyzwalacza I_r/I_n: 0,7 dla DPX 125; 0,64 dla DPX 160, DPX 250 i DPX 250 ER; 0,8 dla DPX 630 i DPX 1600.
Są to wartości dla wyłączników w wykonaniu stacjonarnym.
W przypadku wykonań gniazdowych lub wysuwnych należy zastosować współczynnik redukcyjny 0,85 do maksymalnej wartości prądu użytkowego.

W przypadku wyłączników z blokiem różnicowoprądowym należy zastosować współczynnik redukujący 0,9 do maksymalnej wartości prądu użytkowego.
Współczynnik 0,7 należy zastosować dla wyłączników w wykonaniu gniazdowym i wysuwnym z blokiem różnicowoprądowym.

Prąd użytkowy wyłączników DPX w wersji stacjonarnej (A) w zależności od wartości nastawy zwłocznej (I_r) i temperatury w obudowie

Wyłączniki z wyzwalaczami termiczno-magnetycznymi	I_n (A)	40°C		50°C		60°C		70°C	
		min	max	min	max	min	max	min	max
DPX 125	**16**	11	16	10	15	10	14	9	13
	25	17	25	16	24	16	23	15	22
	40	28	40	27	38	26	37	25	36
	63	44	63	42	60	40	58	38	55
	100	70	100	67	96	64	92	61	88
	125	87	125	84	120	80	115	76	110
DPX 160	**25**	16	25	14	23	13	20	12	18
	40	25	40	23	36	20	32	18	28
	63	40	63	36	57	32	50	28	43
	100	63	100	58	91	52	82	48	73
	160	100	160	93	145	83	130	73	115
DPX 250 ER	**100**	64	100	58	91	52	82	47	73
	160	102	160	93	145	83	130	74	115
	250	160	250	147	230	134	210	122	190
DPX 250	**100**	63	100	58	91	52	82	48	73
	160	100	160	93	145	83	130	73	115
	250	160	250	147	230	130	210	115	190
DPX 630	**320**	250	320	230	288	205	256	180	225
	400	320	400	288	360	256	320	225	280
	500	400	500	380	480	360	450	340	420
	630	500	630	480	600	450	570	420	540
DPX 1250	**800**	630	800	600	760	570	720	540	680
	1000	800	1000	760	950	720	900	680	850
	1250	1000	1250	950	1190	900	1125	850	1080

Wyłączniki z wyzwalaczami elektronicznymi	I_n (A)	40°C	50°C	60°C
DPX 250	**250**	250	250	238
DPX 630	**400**	400	400	380
	630	630	600	567
DPX 1600	**800**	800	760	760
	1250	1250	1188	1125
	1600	1600	1520	1440

Praca przy napięciu o częstotliwości 400 Hz

Parametry wyłączników są podane dla napięć o częstotliwości 50/60 Hz i muszą zostać zmienione w przypadku użytkowania aparatów przy napięciu o częstotliwości 400 Hz. Dla wyłączników DPX należy zastosować współczynniki korygujące podane poniżej, dotyczące wyzwalaczy termicznych i magnetycznych.

Współczynniki korekcyjne, które należy zastosować przy wykonywaniu nastawy wyłączników DPX z wyzwalaczami termiczno-magnetycznymi w przypadku ich użytkowania przy napięciu o częstotliwości 400 Hz

Rodzaj wyłącznika	I_n (A)	Nastawa zwłoczna		Nastawa bezzwłoczna	
		Współczynnik korekcyjny	$I_{r\,max}$ przy 400 Hz	Współczynnik korekcyjny	$I_{r\,max}$ przy 400 Hz
DPX 125	16	1	16	2	1000
	25	1	25	2	1250
	40	1	40	2	1800
	63	0,95	60	2	1900
	100	0,9	90	2	2500
	125	0,9	112	2	2500
DPX 160	16	1	25	2	800
	40	1	40	2	800
	63	0,95	60	2	1250
	100	0,95	95	2	2000
	160	0,9	145	2	3200
DPX 250 ER	100	0,95	95	2	2000
	160	0,9	145	2	3200
	250	0,85	210	2	5000
DPX 250	40	1	40	2	280-800
	63	0,95	60	2	440-1250
	100	0,95	95	2	700-2000
	160	0,9	145	2	1120-3200
	250	0,85	210	2	1800-5000
DPX 630	400	0,8	320	1	2000-4000
	630	0,6	380	1	3200-6300
DPX 1250	800	0,6	480	1	4000-8000
	1250	0,6	750	1	3800-7500

Praca w obwodach prądu stałego

Wyłączniki termiczno-magnetyczne DPX mogą również pracować przy napięciu użytkowym 250 V⎓ (trzy bieguny połączone szeregowo). Wtedy próg zadziałania wyzwalaczy magnetycznych należy podnieść o 50% (patrz tabela poniżej).

Zdolności zwarciowe i progi zadziałania wyzwalaczy wyłączników DPX przy prądzie stałym

Rodzaj wyłącznika		Zdolność zwarciowa I_{cu} (kA) – 2 bieguny połączone szeregowo			Próg zadziałania wyzwalaczy	
		I_n (A)	110–125 V⎓	250 V⎓	Zwłoczny % I_r	Bezzwłoczny % I_m
DPX 125	16 kA	25-125	20	16	100%	150%
	25 kA	25-125	30	25	100%	150%
	36 kA	16-125	36	30	100%	150%
DPX 160	25 kA	63-160	30	25	100%	150%
	50 kA	25-160	50	36	100%	150%
DPX 250 ER	25 kA	100-250	30	25	100%	150%
	50 kA	160-250	50	36	100%	150%
DPX 250	36 kA	63-250	40	36	100%	150%
DPX-H 250	70 kA	40-250	45	40	100%	150%
DPX 630	36 kA	320-630	40	36	100%	150%
DPX-H 630	70 kA	320-630	45	40	100%	150%

W przypadku napięć wyższych od 250 V⎓ należy skontaktować się z Infolinią 0 801 133 084.

Wyłączniki mocy DPX
(ciąg dalszy)

CHARAKTERYSTYKI CZASOWO-PRĄDOWE

Wyłączniki DPX z wyzwalaczami termiczno-magnetycznymi

DPX 125

DPX 160, DPX 250 ER

DPX 250

DPX 630

DPX 1250

630-800 A

1000-1250 A

1: strefa wyłączania wyzwalacza termicznego ze stanu zimnego; 2: strefa wyłączania wyzwalacza termicznego ze stanu nagrzanego.

Wyłączniki DPX z wyzwalaczami elektronicznymi

DPX 250, 630, 1600 z wyzwalaczami elektronicznymi S1

DPX 630, 1600 z wyzwalaczami elektronicznymi S2

Wyłączniki mocy DPX
(ciąg dalszy)

CHARAKTERYSTYKI OGRANICZANIA

Charakterystyki całek Joule´a $I^2t = f(I_{cc})$
(DPX z wyzwalaczami termiczno-magnetycznymi)

DPX 125

DPX 160, 250 ER

DPX 250

DPX 630

DPX 1250

Charakterystyki prądu ograniczonego $I_p = f(I_{cc})$
(DPX z wyzwalaczami termiczno-magnetycznymi)

DPX 125

DPX 160, 250 ER

DPX 250

Charakterystyki całek Joule´a $I^2t = f(I_{cc})$
(DPX z wyzwalaczami elektronicznymi)

DPX 630

DPX 1600

DPX 250, 630, 1600

Wyłączniki nadprądowe S 300

Wyłączniki nadprądowe S 300 produkcji Legrand oferują szeroki wybór charakterystyk i prądów znamionowych do wykonywania zabezpieczeń w instalacjach elektrycznych.

GAMA MODUŁOWYCH WYŁĄCZNIKÓW NADPRĄDOWYCH S 300

Wyłączniki serii S 300 i S 310 produkcji Legrand są dostępne w charakterystykach typu B, C, D w zakresie prądów znamionowych od 0,3 do 125 A, a ich zdolność zwarciowa wynosi od 6 do 50 kA.
Można przyłączać do nich wyposażenie dodatkowe przeznaczone do sygnalizacji i sterowania oraz bloki różnicowoprądowe.
W gamie wyłączników nadprądowych modułowych produkcji Legrand można wyróżnić następujące rodziny:
• S 300: wyłączniki nadprądowe z wyzwala-czami termiczno-magnetycznymi, wykonania jednobiegunowe 1P, dwubiegunowe 2P, trójbiegunowe 3P, czterobiegunowe 4P, w charakterystykach B, C i D, o znamionowej zdolności zwarciowej 6000 (1) (w A). Prądy znamionowe od 0,3 do 63 A.
• S 310: Wyłączniki nadprądowe z wyzwalaczami termiczno-magnetycznymi, wykonania jednobiegunowe 1P, dwubiegunowe 2P, trójbiegowe 3P, czterobiegunowe 4P, o charakterystykach B, C i D, o zdolności zwarciowej 10 000 (1) (w A) 25 kA(2) i 50 kA(2). Prądy znamionowe od 0,5 do 125 A.
Podane wartości zdolności zwarciowych podano zgodnie z normami EN 60898 i EN 60947-2 (patrz str. 316).

nr ref. 6056 30

S 302 C-16
Wyłącznik nadprądowy dwubiegunowy, 2 moduły o szerokości 17,5 mm, 6000, I_n = 16 A

nr ref. 0068 45

S 314 B-50
Wyłącznik nadprądowy czterobiegunowy, 4 moduły o szerokości 17,5 mm 10 000, I_n = 50 A

nr ref. 0064 97

S 314 C-125
Wyłącznik nadprądowy czterobiegunowy, 4 moduły o szerokości 1,5 x 17,5 mm, 10 000, I_n = 125 A

(1) Zdolność zwarciowa wg EN 60898.
(2) Zdolność zwarciowa wg EN 60947-2.

Oznakowanie wyłączników nadprądowych i różnicowoprądowych

1 moduł na biegun do 63 A;
1,5 modułu na biegun od 80 do 125 A.

Znaki certyfikacji oraz typ

Miejsce do opisu zabezpieczonego obwodu

Dźwignia do sterowania
I-ON/kolor czerwony, aparat załączony
O-OFF/kolor zielony, aparat rozłączony

Schemat wyłącznika

Wyłącznik nadprądowy S 301 B-16

Wyłącznik różnicowoprądowy dwubiegunowy P 302

Wyłącznik różnicowonadprądowy dwubiegunowy P 312

Blok różnicowoprądowy do wyłącznika nadprądowego

Wyłączniki nadprądowe S 300
(ciąg dalszy)

PARAMETRY WYŁĄCZNIKÓW S 300

Liczba biegunów	1 (S 301) 2 (S 302) 3 (S 303) 4 (S 304)
Charakterystyki	B, C, D wg EN 60898
Napięcia znamionowe (U_n)	230/400 V ∿ dla jednobiegunowych 400 V ∿ dla wielobiegunowych
Cząstotliwość znamionowa	od 50 do 60 Hz
Prądy znamionowe (I_n)	od 6 do 63 A dla charakterystyki B od 0,3 do 63 A dla charakterystyki C od 0,3 do 63 A dla charakterystyki D S 301 i S 303 od 0,3 do 32 A dla charakterystyki D i S 302 i S 304
Znamionowa zwarciowa zdolność łączenia	6000 A wg EN 60898 oraz 10 kA wg EN 60947-2 dla charakterystyki D
Klasa ograniczenia energii	3 dla B od 6 do 32 A 3 dla C od 0,3 do 32 A
Maksymalne napięcie pracy (U_{Bmax})	440 V ∿
Minimalne napięcie pracy (U_{Bmin})	12 V ∿ Należy zapewnić, aby płynący przez wyłącznik prąd zwarciowy spowodował zadziałanie wyzwalaczy (uwzględnić impedancję wyłącznika i przewodów).
Napięcie izolacji (U_I)	500 V
Trwałość mechaniczna	20 000 przestawień
Trwałość łączeniowa	4000 łączeń
Obudowa	Tworzywo odporne na wysoką temperaturę. Kolor: szary, RAL 7035. Dźwignia załączająca czarna z możliwością plombowania.
Klasa palności materiału obudowy	VO wg UL 94
Stopień ochronny	IP2X dla całości aparatu, IP4X dla części frontowej
Pozycja pracy	Dowolna
Mocowanie	Na wspornikach montażowych TH 35-7,5 wg PN-EN 60715. Bistabilny zatrzask.
Przyłącza	Zaciski wejściowe tulejkowe maks. 25 mm^2. Zaciski wyjściowe tulejkowe maks. 25 mm^2. Chronione przed dotykiem palcem lub dłonią. Zalecany moment dokręcania wkrętów zacisków przyłączeniowych: 2,5 Nm.
Odporność na udary	20 g_n min. 18 udarów (po 3 udary półsinusoidalne w każdym kierunku). Czas udaru 5 ms.
Odporność na drgania	3 g_n min. 30 min (po 10 minut w każdym kierunku) od 10 do 50 Hz.
Temperatura otoczenia	Magazynowanie: od -55 do +55°C Podczas pracy: od -25 do +55°C Przy pracy poniżej 0°C aparat należy zabezpieczyć przed oszronieniem (grzałką lub elementami stałymi wydzielającymi ciepło).
Odporność klimatyczna	Klimat stref 23/83, 40/93 i 55/20 wg DIN 50015/08.75. Klimat zmienny KFW wg DIN 50017/10.82.
Sygnalizacja załączenia	Oznaczenie na dźwigni załączającej: kolor czerwony = styki zwarte = I-ON; kolor zielony = styki otwarte = O-OFF.
Zgodność z normami	EN-60898 oraz EN 60947-2 dla charakterystyki D

PARAMETRY WYŁĄCZNIKÓW S 310

Liczba biegunów		1 (S 311) 2 (S 312) 3 (S 313) 4 (S 314)
Charakterystyki		B, C, D wg EN 60898
Napięcia znamionowe (U_n)		230/400 V ∿ dla jednobiegunowych 400 V ∿ dla wielobiegunowych
Maksymalne napięcie pracy (U_{Bmax})		440 V ∿
Napięcie izolacji (U_i)		500 V ∿
Częstotliwość znamionowa		od 50 do 60 Hz
Prądy znamionowe (I_n)		od 6 do 63 A dla charakterystyki B od 0,5 do 125 A dla charakterystyki C od 0,5 do 32 A dla charakterystyki D
Znamionowa zwarciowa zdolność łączenia		1000 A dla charakterystyki B od 6 do 63 A charakterystyki C od 0,5 do 125 A charakterystyki D od 0,5 do 32 A wg EN 60898 oraz do 50 kA dla charakterystyki B od 6 do 63 A do 50 kA dla charakterystyki C od 0,5 do 125 A do 25 kA dla charakterystyki D od 0,5 do 32 A wg EN 60947-2
Klasa ograniczenia energii		3 { dla charakterystyki B od 6 do 32 A dla charakterystyki C od 0,5 do 32 A
Trwałość mechaniczna		20 000 przestawień
Trwałość łączeniowa		10 000 łączeń (I_n, cos φ = 0,9)
Obudowa		Tworzywo odporne na wysoką temperaturę. Kolor: szary, RAL 7035. Dźwignia załączająca czarna z możliwością plombowania.
Klasa palności materiału obudowy		VO wg UL 94
Stopień ochronny		IP2X
Pozycja pracy		Dowolna
Mocowanie		Na wspornikach montażowych TH 35-7,5 wg PN-EN 60715. Bistabilne zatrzaski (z dwóch stron wyłącznika).
Przyłącza	**I ⩽ 63 A**	Zaciski tulejkowe o przyłączalności maks. 35 mm² dla przewodów o żyłach drutowych i maks. 25 mm² dla przewodów o żyłach linkowych. Zaciski są chronione przed dotykiem palcem lub dłonią.
	I > 63 A	drut – maks. 50 mm² linka – maks. 75 mm²
Docisk przewodów w przyłączach	**I ⩽ 63 A**	2,5 Nm
	I > 63 A	3 Nm
Odporność na udary		20 g_n min. 18 udarów (po 3 udary półsinusoidalne w każdym kierunku). Czas udaru 10 ms. 40 g_n min. 18 udarów, czas udaru 5 ms.
Odporność na drgania zgodnie z IEC 68.8.35		3 g_n od 10 do 55 Hz
Sygnalizacja załączenia		Podana na dźwigni załączającej: kolor czerwony = styki zwarte = I-ON; kolor zielony = styki otwarte = O-OFF.
Temperatura otoczenia		Magazynowanie od -25 do +60°C. Podczas pracy: od -25 do +55°C
Zgodność z normami		EN 60898 oraz EN 60947-2

Wyłączniki nadprądowe S 300
(ciąg dalszy)

WYPOSAŻENIE DODATKOWE DO WYŁĄCZNIKÓW S 300

Do każdego wyłącznika można przyłączyć do 3 elementów pomocniczych (2 elementy sygnalizacyjne + 1 element do sterowania) lub zdalne sterowanie.

Wyzwalacze wzrostowe (napięciowe)

Wyzwalacze te przeznaczone są do współpracy zarówno z wyłącznikami nadprądowymi z członem różnicowym, jak i bez, z wyłącznikami różnicowoprądowymi oraz rozłącznikami FRX 300. Wyzwalacze te powodują zdalne wyłączenie aparatu poprzez podanie na ich cewkę napięcia. Napięcia znamionowe od 12 do 18 V∿/⎓, od 110 do 415 V∿/⎓ od 110 do 125 V⎓.
Napięcie wyzwolenia: od 0,7 do 1,1 U_n.

Wyzwalacze podnapięciowe

Wyzwalacze te przeznaczone są do współpracy zarówno z wyłącznikami nadprądowymi z członem różnicowym, jak i bez, z wyłącznikami różnicowoprądowymi oraz rozłącznikami FRX 300. Wyzwalacze te powodują zdalne wyłączenie aparatu po znaczącym lub całkowitym zaniku napięcia. Istnieje możliwość nastawiania zwłoki czasowej od 0 do 300 ms.
Napięcia znamionowe: 24 V⎓, 48 V⎓, 230 V∿.
Napięcie minimalne pracy: 0,55 U_n ±10%

Styki pomocnicze sygnalizacyjne i alarmowe

Styki umożliwiają zdalne przekazanie informacji o stanie wyłącznika. Styki pomocnicze (CA) wskazują, czy wyłącznik jest otwarty czy zamknięty, natomiast alarmowe (SD) – czy aparat jest w pozycji „wyzwolony" na skutek zadziałania zabezpieczenia, lub wyzwalacza lub wyłącznika różnicowoprądowego.
Prąd znamionowy: 5 A przy 250 V∿ (kategoria AC 15), 3 A przy 400 V∿, 4 A przy 24 V⎓, 0,25 A przy 230 V⎓.

Zdalne sterowanie

Dostosowane do współpracy z wyłącznikami nadprądowymi i wyłącznikami różnicowoprądowymi o prądach $I_n \leqslant 63$ A. Umożliwia zdalne otwarcie i zamknięcie wyłącznika.

Urządzenie ma wbudowaną funkcję sygnalizacji załączenia i sygnalizacji zadziałania wyzwalaczy.
Napięcia znamionowe sterowania i zasilania U_c: 24 V∿, 48 V∿, 230 V∿
Napięcia robocze: od 0,85 do 1,10 U_c
Częstotliwość znamionowa: 50 Hz.
Nie działają przy częstotliwości 60 Hz ani przy zasilaniu prądem stałym.
Minimalny czas między dwoma następującymi po sobie sygnałami:
- 1 s (maks. 10 zadziałań następujących po sobie),
- 10 s (powyżej 10 zadziałań następujących po sobie).

Pobór mocy w stanie spoczynku: 5 W.
Maksymalny pobór mocy: 30 VA przy otwarciu lub zamknięciu wyłącznika.
Minimalny czas trwania impulsu sterowania: 20 ms.
Czas otwarcia lub zamknięcia wyłącznika przy napięciu U_c: <1s.

Moduł o nr. ref. 0073 73 umożliwia zdalne sterowanie wyłącznika.

Wyposażenie dodatkowe do sterowania oraz zdalne sterowanie montuje się po lewej stronie wyłącznika.

Zdalne sterowanie STOP&GO

Dostosowane do współpracy z wyłącznikami nadprądowymi S 300 i wyłącznikami różnicowoprądowymi P 300 o prądach $I_n \leq 63$ A wyposażonymi w zaciski śrubowe. Umożliwia automatyczne ponowne zazbrojenie wyłącznika (do którego jest podłączone) w przypadku niespodziewanego wyłączenia, np. po wyładowaniu atmosferycznym.
Przed zazbrojeniem sprawdzany jest stan instalacji: każde uszkodzenie trwałe jest sygnalizowane przez alarm dźwiękowy lub przez zapalenie się kontrolki alarmowej. Napięcie sterowania: 230 V∿.

< Zdalne sterowanie STOP&GO o nr. ref. 0073 81/82 przywraca zasilanie w przypadku niespodziewanego wyłączenia.

SPOSÓB PODŁĄCZENIA WYŁĄCZNIKÓW NADPRĄDOWYCH S 300

Zaciski śrubowe

Każdy wyłącznik jest wyposażony w zaciski śrubowe górne i dolne, do których można podłączyć przewody sztywne (drut) oraz giętkie (linkę); a także szyny łączeniowe grzebieniowe lub sztyftowe.

Przekroje przewodów przyłączanych do zacisków S 300

Przewody miedziane	Drut	Linka
S 300, S 310 o $I_n \leq 63$ A bloki różnicowoprądowe $I_n \leq 63$ A	35 mm²	25 mm²
S 310 bloki różnicowoprądowe I_n = 80 A, 100 A, 125 A	70 mm²	50 mm²
Wyposażenie dodatkowe	2,5 mm²	2,5 mm²

Wyłączniki nadprądowe S 300
(ciąg dalszy)

SPECJALNE ZASTOSOWANIA

Zastosowanie w układzie sieci IT

W takim wypadku należy wziąć pod uwagę zdolność zwarciową jednego bieguna (patrz str. 285).

Zdolność zwarciowa jednego bieguna przy 400 V zgodnie z normą EN 60947-2

S 300 charakterystyki B i C	**<63 A**	3 kA
S 310 charakterystyki B i C	**<20A**	6 kA
	25 A	5 kA
	32 A i 40 A	4 kA
	50 A i 63 A	3 kA
	80 A i 125 A	4 kA

Podwyższona temperatura

Wyłącznik nadprądowy zgodnie z normą powinien pracować w temperaturze otoczenia 30°C.
W przypadku pracy wyłączników S 300 w innych temperaturach otoczenia należy skorygować prąd znamionowy zgodnie z wartościami podanymi w tabeli obok.
W przypadku zestawienia obok siebie i równoczesnej pracy kilku wyłączników chłodzenie biegunów znajdujących się po środku jest ograniczone. Powoduje to podwyższenie temperatury pracy wyłączników, co może spowodować niespodziewane wyłączenia. Zaleca się stosowanie dodatkowych współczynników w zależności od prądu roboczego:
– od 1 do 3 aparatów: 1,
– od 4 do 6 aparatów: 0,8,
– od 7 do 9 aparatów: 0,7,
– ponad 10 aparatów: 0,6.

Aby uniknąć stosowania podanych współczynników, należy zapewnić odpowiednią wentylację obudów oraz odstępy pomiędzy aparatami, stosując spacje o nr. ref. 0044 40/41.

Prąd roboczy (A) wyłączników S 300, S 310, w zależności od temperatury

I_n (A)	Temperatura otoczenia (°C) -25	-10	0	10	20	30	40	50	60	70
0,5	0,64	0,6	0,57	0,55	0,52	0,5	0,47	0,45	0,42	0,4
0,8	1,02	0,96	0,92	0,88	0,84	0,8	0,76	0,72	0,69	0,66
1	1,25	1,17	1,1	1,07	1,03	1	0,97	0,93	0,90	0,87
2	2,5	2,34	2,21	2,14	2,06	2	1,94	1,86	1,8	1,74
3	3,75	3,5	3,36	3,24	3,12	3	2,88	2,76	2,64	2,52
4	5	4,7	4,44	4,28	4,12	4	3,88	3,72	3,6	3,48
6	7,5	7	6,6	6,4	6,18	6	5,8	5,6	5,4	5,2
8	10,2	9,6	9,2	8,8	8,4	8	7,6	7,2	6,9	6,6
10	12,2	11,5	11,1	10,7	10,3	10	9,7	9,3	9	8,7
13	16,3	15	14,3	13,9	13,4	13	12,6	12,1	11,7	11,3
16	19,7	18,7	18	17,3	16,6	16	15,4	14,7	14,1	13,5
20	24,6	23,2	22,4	21,6	20,8	20	19,2	18,4	17,6	16,8
25	31,2	29,5	28,3	27,2	26	25	24	22,7	21,7	20,7
32	40	37,8	36,5	34,9	33,3	32	30,7	29,1	27,8	26,5
40	50	48	46	44	42	40	38	36	34	32
50	62,5	60	57,5	55	52,5	50	47,5	45	42,5	40
63	78,1	75,6	72,5	69,9	66,1	63	59,8	56,1	52,9	50,4
80	102	96	92	88	84	80	76	72	69	66
100	124	118	114	110	105	100	95	90	86	82
125	155	147	141	137	131	125	119	113	108	103

Działanie przy prądzie stałym

Wyłączniki S 300 i S 310 (1P/2P/3P/4P – $I_n \leqslant 63$ A) przeznaczone do stosowania przy napięciu 230/400 V∿ mogą pracować również w obwodach prądu stałego.
W tym wypadku górną wartość progu wyzwolenia magnetycznego należy pomnożyć przez 1,4.
Np. w przypadku wyłącznika o charakterystyce C, którego obszar wyzwolenia wynosi między 5 i 10 I_n dla prądu przemiennego, obszar wyzwolenia zawiera się między 7 a 14 I_n przy prądzie stałym.

Dane techniczne S 300 dla pracy w obwodach prądu stałego

Napięcie DC znamionowe	Znamionowa zdolność zwarciowa	Stała czasowa	Ilość biegunów
24 V	2,5 kA	4,8 ms	1
24 V	5 kA	4,7 ms	2
48 V	5 kA	4,7 ms	2
110 V	2,5 kA	4,4 ms	2 (3)
230 V	5 kA	4,4 ms	4

Charakterystyka wyzwolenia termicznego jest taka sama jak w przypadku zasilania prądem przemiennym. Maksymalne napięcie użytkowe wynosi 80 V na biegun. W przypadku wyższych napięć należy połączyć kilka biegunów szeregowo.
Zdolność zwarciowa wynosi 2500 A dla wyłącznika jednobiegunowego przy napięciu maksymalnym 24 V⎓. W przypadku innych napięć tabela obok podaje zdolności zwarciowe w zależności od ilości biegunów połączonych szeregowo.

S 300 w obwodach prądu stałego - dobór biegunowości

	Wartości napięć	Wyłącznik jednobiegunowy	Wyłącznik dwubiegunowy	Wyłącznik trójbiegunowy	Wyłącznik czterobiegunowy
S 300	24 V⎓	•			
	48 V⎓		•		
	110 V⎓		•	•	
	230 V⎓				•

CHARAKTERYSTYKI

Charakterystyki czasowo-prądowe wyłączników nadprądowych S 300

Temperatura skalowania termicznego 30°C
I_n = prąd znamionowy wyłącznika.

Obszar wyzwolenia magnetycznego w zależności od charakterystyki wyłącznika

Charakterystyka	Obszar wyzwolenia magnetycznego
B	od 3 do 5 I_n
C	od 5 do 10 I_n
D	od 10 do 20 I_n

Aby uzyskać więcej informacji, prosimy zapoznać się z instrukcjami technicznymi, które znajdują się w e-katalogu (www. legrand. pl). Poza informacjami dotyczącymi charakterystyk wyzwoleń dla każdego rodzaju aparatu, można znaleźć tam również charakterystyki ograniczeń prądowych i termicznych.

Rozłączniki

Rozłączniki produkcji Legrand umożliwiają rozłączanie pod obciążeniem obwodów niskiego napięcia. Funkcja rozłącznika polega na elektrycznym oddzieleniu instalacji lub części instalacji od napięcia zasilania oraz na zapewnieniu bezpieczeństwa osobom, które je serwisują (patrz str. 444).

W zależności od parametrów i przeznaczenia wyróżniamy trzy rodzaje rozłączników:
- rozłączniki izolacyjne bez widocznej przerwy stykowej,
- rozłączniki izolacyjne z widoczną przerwą stykową,
- rozłączniki izolacyjne o szybkim rozłączeniu.

Sama funkcja odłączenia nie zapewnia bezpieczeństwa instalacji. Istotną sprawa jest również możliwość stosowania odpowiednich blokad, aby uniknąć niezamierzonego, nagłego powrotu zasilania (patrz str. 422).

ROZŁĄCZNIKI IZOLACYJNE BEZ WIDOCZNEJ PRZERWY STYKOWEJ

Funkcję rozłączania w rozłącznikach izolacyjnych bez widocznej przerwy stykowej realizuje układ stykowy przestawiany dźwignią sterującą. Informacja o stanie układu stykowego „I" lub „O" znajduje się na dźwigni aparatu. Rozłączniki modułowe FR 300 i FRX 300 spełniają wymogi normy EN 60947 i są dostępne w wersji 1-, 2-, 3- i 4-biegunowej na prądy znamionowe do 125 A. Rozłączniki FRX 300 2-, 3- i 4-biegunowe I_n od 40 do 125 A można wyposażać w wyzwalacze wzrostowe lub podnapięciowe. Do współpracy z rozłącznikami FR 300 i FRX 300 można stosować styki pomocnicze o nr. ref. 0073 50/54 (są to takie same styki, jakie stosuje się do wyłączników nadprądowych).

Parametry rozłączników FR 300 i FRX 300

Prąd cieplny umowny I_{th}		16-32 A	40-63 A	100-125 A
Przyłączalność zacisków	drut	1,5-16 mm²	1,5-25 mm²	6-35 mm²
	linka	1,5-16 mm²	1,5-35 mm²	4-50 mm²
Napięcie znamionowe izolacji (U_i)		250-400 V∿	250-400 V∿	250-400 V∿
Napięcie udarowe wytrzymywane (U_{imp})		4 kV	4 kV	4 kV
Kategoria pracy		AC 22 A AC 23 A	AC 22 A AC 23 A	AC 22 A AC 23 A
Prąd znamionowy krótkotrwały wytrzymywany (I_{cw})		750 A	1700 A	2500 A
Prąd znamionowy załączalny zwarciowy (I_{cm})		1500 A	3000 A	3700 A
Trwałość mechaniczna (ilość cykli)		>30 000	>30 000	>30 000
Stopień ochrony		IP 2x	IP 2x	IP 2x

^ Rozłącznik izolacyjny modułowy.

^ Rozłącznik izolacyjny z wyzwalaczem wzrostowym.

Kategorie pracy rozłączników izolacyjnych ustala się zgodnie z zaleceniami normy EN 60947-3:
- AC 22 A/DC 22 A: oznacza przeznaczenie do rozłączania obwodów rezystancyjnych oraz niektórych silników,
- AC 23 A/DC 23 A: oznacza przeznaczenie do rozłączania obwodów z silnikami,
- AC: prąd przemienny,
- DC: prąd stały,
- A: użytkowanie przy dużej ilości wykonywanych manewrów.

ROZŁĄCZNIKI IZOLACYJNE Z WIDOCZNĄ PRZERWĄ STYKOWĄ

Okienko we frontowej części aparatu umożliwia wizualizację faktycznego położenia styków.

1 ROZŁĄCZNIKI VISTOP OD 63 DO 160 A

Rozłączniki Vistop są dostępne w wersji 3- i 4-biegunowej. Montuje się je na wsporniku TH 35 ⊔ i używa osłon z takimi samymi wycięciami jak na aparaty modułowe we wszystkich obudowach XL³. Rozłączniki Vistop o I_{th} ≥ 100 A można również montować na płycie montażowej przy użyciu wkrętów. Rozłączniki te są wyposażone w sterowanie boczne z lewej lub z prawej strony (wyprowadzone poza obudowę) albo w sterowanie frontowe (które również można wyprowadzić poza obudowę przy użyciu zestawu o nr. ref. 0227 32). Rączki do sterowania są dostępne w kolorze czarnym lub czerwono-żółtym (dla rozłączników awaryjnych). Można je zablokować przy użyciu kłódki w pozycji „otwarty". Zaciski klatkowe aparatów umożliwiają podłączenie przewodów giętkich lub sztywnych (drut lub linka). Można również zamontować przyłącza rozdzielcze o nr. ref. 0048 67 (6 odpływów: 30 mm² drut lub 25 mm² linka) lub szyny miedziane o szerokości 12 mm.

< Rozłącznik Vistop ze sterowaniem bocznym, wyprowadzonym poza obudowę, do wyłączania awaryjnego.

Rozłącznik pomocniczy o nr. ref. 0227 22, montowany obok rozłącznika Vistop 100 – 160 A pozwala na dołączenie jednego obwodu dodatkowego o prądzie maksymalnym 16 A.

Parametry rozłączników Vistop

Prąd cieplny umowny (I_{th})		**63 A**	**100 A**	**125 A**	**160 A**	**16 A**[2]
Sposób przyłączania	Cu (linka)	4-35 mm²	4-50 mm²			6 mm²
	Cu (drut)	4-50 mm²	4-70 mm²			6 mm²
Napięcie znamionowe izolacji (U_i)		690 V∿	800 V∿	800 V∿	800 V∿	400 V∿
Napięcie udarowe wytrzymywalne (U_{imp})		8 kV	8 kV	8 kV	8 kV	-
AC 22 A AC 23 A	400 V	63 A (35 kW)	100 A (55 kW)	125 A (70 kW)	160 A (88 kW)	16 A
	500 V	63 A (44 kW)	100 A (69 kW)	125 A (87 kW)	160 A (110 kW)	-
	690 V	40 A (38 kW)	100 A (96 kW)	125 A (120 kW)	125 A (120 kW)	-
DC 22 A/250 V[1]		63	100	125	125	16
DC 23 A/250 V[1]		63	100	125	125	10
Wytrzymałość dynamiczna (kA szczytowe)		15	15	15	15	2
Prąd znamionowy krótkotrwały wytrzymywany kA (I_{cw})		2,5	3,5	3,5	3,5	1
I_{cc} z zabezpieczeniem (kA skuteczne)		100	100	100	80	100
Maksymalny prąd znamionowy dobezpieczenia topikowego		63 A	100 A (gG) 63 A (aM)	125 A (gG) 125 A (aM)	160 A (gG) 125 A (aM)	-
Zwarciowa zdolność wyłączania (kA szczytowe spodziewane) (I_{cm})		7	12	12	12	1
Trwałość mechaniczna (ilość cykli)		>30 000	>30 000	>30 000	>30 000	>30 000
Stopień ochrony		IP2XB (IP3XC pod osłoną) od 6 mm²	IP2XB (IP3XC pod osłoną) od 10 mm²			

(1) Ilość biegunów biorących udział w wyłączeniu.
(2) Rozłącznik pomocniczy.

Rozłączniki (ciąg dalszy)

2 DPX-IS od 63 do 1600 A

Rozłączniki DPX-IS wykonują rozłączenie obwodów z wizualizacją przerwy stykowej przy prądach od 63 do 1600 A. Są dostępne w wersji 3- i 4-biegunowej. Montuje się je na specjalnych podstawach montażowych lub na wsporniku ⊔ (w przypadku aparatów do 250 A do maskowania można użyć osłony z wycięciami pod aparaty modułowe). Rozłączniki DPX-IS można wyposażać w takie same elementy pomocnicze do sterowania, jakie stosuje się w wyłącznikach DPX (patrz str. 347). Rozłączniki DPX-IS mają dwa rodzaje sterowań: sterowanie frontowe oraz boczne z prawej lub z lewej strony, z możliwością wyprowadzenia sterowania na zewnątrz obudowy. Dźwignię można zablokować w pozycji „otwarty" przez nałożenie kłódki.
Rozłączniki DPX-IS dostępne są również w wersji z dźwignią w kolorystyce żółto-czerwonej.

Funkcję rozłączania z widocznym położeniem styków wykonują również aparaty w wersjach gniazdowej i wysuwnej: wyłączniki DPX i DMX oraz rozłączniki DPX-I i DMX-I (patrz następna strona).

^ DPX-IS 250

^ DPX-IS 630

^ DPX-IS 1600

Parametry rozłączników DPX-IS

		DPX-IS 250				DPX-IS 630		DPX-IS 1600			
	Prąd znamionowy	**63 A**	**100 A**	**160 A**	**250 A**	**400 A**	**630 A**	**800 A**	**1000 A**	**1250 A**	**1600 A**
Sposób przyłączania	**Cu linka**	150 mm²				1 x 240 lub 2 x 185 mm²		2 x 185 mm² lub 4 x 185 mm²			
	Cu drut/Alu	185 mm²				1 x 300 lub 2 x 240 mm²		2 x 240 mm² lub 4 x 240 mm²			
Szyny miedziane lub końcówki kablowe		maks. szerokość 28 mm				maks. szerokość 32 mm		maks. szerokość 50 mm lub 80 mm			
Napięcie znamionowe łączeniowe (U_e)		690 V∿				690 V∿		690 V∿			
Napięcie znamionowe izolacji (U_i)		800 V∿				800 V∿		690 V∿			
Napięcie udarowe wytrzymywane (U_{imp})		8 kVA				8 kVA		8 kVA			
AC 23 A	**400 V∿**	63 A	100 A	160 A	250 A	400 A	630 A	800 A	1000 A	1250 A	1600 A
	500 V∿					400 A	630 A	800 A	1000 A	1250 A	1600 A
	690 V∿	63 A	100 A	160 A	160 A	400 A	400 A	800 A	1000 A	1250 A	1600 A
AC 22 A	**690 V∿**	63 A	100 A	160 A	250 A	400 A					
DC 23 A	**250 V⎓**							800 A	1000 A	1250 A	1600 A
Prąd krótkotrwały dopuszczalny (I_{cw})		12 kA skuteczne				20 kA skuteczne		20 kA skuteczne			
I_{cc} z zabezpieczeniem		100 kA skuteczne				100 kA skuteczne		100 kA skuteczne			
I_n maks. bezpiecznika gG		63 A	100 A	160 A	250 A	400 A	630 A	800 A	1000 A	1250 A	1600 A
I_n maks. bezpiecznika aM		63 A	100 A	160 A	160 A	400 A	630 A	800 A	1000 A	1250 A	1600 A
Zwarciowa zdolność wyłączania (kA szczytowe spodziewane) (I_{cm})		40 kA				40 kA		40 kA			
Trwałość mechaniczna		25 000 cykli				15 000 cykli		10 000 cykli			
Trwałość elektryczna (AC 23 400 V∿)		2500 cykli				1500 cykli		3000 cykli		2000 cykli	
Stopień ochrony		IP20 na przedniej ściance				IP20 na przedniej ściance		IP20 na przedniej ściance			

ROZŁĄCZNIKI IZOLACYJNE O SZYBKIM ROZŁĄCZENIU

Rozłączniki DPX-I i DMX-I mają ten sam sposób montażu co wyłączniki DPX i DMX, również podobnie się je blokuje i przyłącza (patrz str. 322 i 338). Napędy silnikowe i wyposażenie pomocnicze do sterowania i sygnalizacji są takie same jak dla wyłączników. Możliwe jest więc zdalne otwieranie i zamykanie rozłączników oraz zdalna kontrola obwodu.

^ DPX-I od 125 do 1600 A

^ DMX-I od 1250 do 4000 A

Parametry elektryczne rozłączników DPX-I

		DPX-I 125	DPX-I 160	DPX-I 250 ER	DPX-I 250	DPX-I 630	DPX-I 1600
Napięcie znamionowe łączeniowe (U_e)	50/60 Hz	500	500	500	690	690	690
	prąd stały	250	250	250	250	250	250
Napięcie izolacji U_i (V∿)		500	500	500	690	690	690
Napięcie udarowe wytrzymywane U_{imp} (kV)		6	6	6	8	8	8
Zwarciowa zdolność wyłączania przy 400 V I_{cm} (kA)		3	3,6	4,3	4,3	40	40
Prąd krótkotrwały wytrzymywany I_{cw} (kA) t = 1 s		1,7	2,1	3	3	20	20
Trwałość (ilość cykli)	mechaniczna	8500	7000	7000	7000	4000	2500
	elektryczna	1500	1000	1000	1000	1000	500
Prąd termiczny umowny (A)		125	160	250	250	630	1600
Prąd znamionowy użytkowy (A)	AC 23 A (690 V∿)	125 (500 V)	160 (500 V)	250 (500 V)	250	630	1600
	DC 23 A (250 V⎓)	125	160	250	250	630	-

Parametry elektryczne rozłączników DMX-I

		DMX-I 2500				DMX-I 4000	
		1250 A	1600 A	2000 A	2500 A	3200 A	4000 A
Ilość biegunów		3P – 4P	3P – 4P	3P – 4P	3P – 4P	3P – 4P	3P – 4P
Prąd znamionowy I_n (A)		1250	1600	2000	2500	3200	4000
Napięcie znamionowe izolacji U_i (V)		1000	1000	1000	1000	1000	1000
Napięcie udarowe wytrzymywane U_{imp} (kV)		8	8	8	8	8	8
Napięcie znamionowe łączeniowe U_e (V∿)	50/60 Hz	690	690	690	690	690	690
	prąd stały	250	250	250	250	250	250
Zwarciowa zdolność załączania I_{cm} (kA)	415 V∿	143	143	143	143	143	143
	500 V∿	105	105	105	105	105	105
	600 V∿	105	105	105	105	105	105
	690 V∿	84	84	84	84	84	84
Prąd krótkotrwały wytrzymywany I_{cw} (kA) t = 1 s		50	50	50	50	50	50
Trwałość (ilość cykli)	mechaniczna	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000
	elektryczna	5000	5000	5000	5000	5000	5000

Koordynacja działania aparatów zabezpieczających

Koordynacja aparatów zabezpieczających polega na odpowiednim doborze ich zdolności zwarciowych, uwzględniając coraz bliższe umiejscowienie w stosunku do źródła zasilania. Taka koordynacja pozwala na użycie aparatu zabezpieczającego o mniejszej zdolności zwarciowej niż maksymalny, spodziewany prąd zwarciowy w tym punkcie instalacji.

Zdolność zwarciowa urządzenia zabezpieczającego powinna być co najmniej równa maksymalnej wartości prądu zwarcia, który może się pojawić w miejscu, gdzie jest zainstalowane to zabezpieczenie. Można stosować pewne odstępstwa: norma PN-IEC 60364-4-43 rozdz. 434.3.1 dopuszcza, aby zdolność zwarciowa aparatu zabezpieczającego była mniejsza niż spodziewany prąd zwarciowy, pod warunkiem że:
- urządzenie zabezpieczające jest połączone z innym zabezpieczeniem, które posiada konieczną zdolność zwarciową w swoim punkcie instalacji,
- aparat poniżej oraz oprzewodowanie instalacji może „wytrzymać" energię ograniczoną przez połączenie tych aparatów.

Taka koordynacja pozwala na pewne oszczędności. Dobór odpowiednich aparatów do takiego układu instalacji jest podany w tabelach na następnych stronach. Dobór aparatów oparty jest na wynikach prób laboratoryjnych wykonanych zgodnie z wymaganiami normy EN 60947-2.

W przypadku obwodów jednofazowych (zabezpieczanych przez wyłączniki 1P lub 2P) w sieci 380/415 V, zasilanych z sieci trójfazowej należy stosować tabele koordynacji dla 230 V.

Koordynacja w układzie sieci IT

Wartości podane w tabelach znajdujących się na następnych stronach są stosowane jedynie w układach sieci TN i TT. Mimo że nie jest to zalecane, wartości te można stosować w przypadku instalacji wykonywanych w układzie sieci IT. Należy wówczas upewnić się czy wszystkie aparaty zabezpieczające mogą wyłączyć każdym pojedynczym biegunem z osobna maksymalny prąd podwójnego uszkodzenia w danym punkcie (patrz str. 245).

Przykład koordynacji wyłączników

Koordynacja trzypoziomowa

Można wykonać koordynację trzypoziomową jeśli zostanie spełniony jeden z podanych poniżej warunków:

• Koordynacja z wyłącznikiem głównym
Znajdujący się powyżej Aparat A musi mieć wystarczającą zdolność zwarciową w swoim punkcie instalacji. Aparat B i aparat C muszą być skoordynowane z aparatem A.
Należy sprawdzić czy wartości koordynacji B+A i C+A posiadają konieczne zdolności zwarciowe. Nie jest konieczne w tym wypadku sprawdzanie koordynacji między aparatami B i C.

• Koordynacja kaskadowa
Koordynację wykonuje się kolejno między aparatami. Aparat A znajdujący się powyżej musi mieć odpowiednią zdolność zwarciową w punkcie instalacji. Aparat C jest skoordynowany z aparatem B, który musi być równocześnie skoordynowany z aparatem A. Należy wówczas sprawdzić, czy wartości koordynacji C+B i B+A mają wystarczające zdolności zwarciowe. W tym wypadku nie jest konieczne sprawdzanie koordynacji między aparatami A i C.

Koordynacja rozdzielnic

Zasadę koordynacji najczęściej stosuje się pomiędzy wyłącznikami pracującymi w jednej rozdzielnicy, ale można ją również wykorzystać w stosunku do aparatów zamontowanych w oddzielnych rozdzielnicach, np. w rozdzielnicy głównej i w rozdzielnicy obwodowej.
Wyłącznik zainstalowany powyżej musi mieć zawsze wymaganą zdolność zwarciową w miejscu zainstalowania.
Można również określić koordynację zwarciową aparatów w rozdzielnicy nr 2 pomiędzy aparatem B, np. wyłącznikiem nadprądowym S 310 o zdolności zwarciowej 10 kA, a aparatami C, np. typu S 300 o zdolności zwarciowej 6 kA. Zestaw S 310 i S 300 będzie posiadał w takim przypadku zdolność zwarciowa równą 10 kA.

Koordynacja działania aparatów zabezpieczających (ciąg dalszy)

KOORDYNACJA WYŁĄCZNIKÓW NADPRĄDOWYCH S 300, S 310 I WYŁĄCZNIKÓW DPX

Koordynacja w sieci trójfazowej (+N) 400/415 V zgodnie z normą EN 60947-2 (kA)

Wyłączniki poniżej (wyłączniki obwodowe)		Wyłączniki powyżej (wyłączniki główne)(1)						
		S 310 10 000 charakterystyka C		DPX 125		DPX 160	DPX 250 ER	
				25kA	36kA	36kA	36kA	50kA
		od 6 do 32 A	od 40 do 125 A	od 16 do 125 A	od 16 do 125 A	od 25 do 160 A	od 63 do 250 A	od 63 do 250 A
S 300 6000 charakterystyki B i C	od 2 do 20 A	25	12,5	25	25	25	25	25
	25 A	25	12,5	25	25	25	25	25
	32 A		12,5	25	25	25	25	25
	40 A		12,5	25	25	25	25	25
	50 A			25	25	20	20	20
	63 A			25	25	15	15	15
S 310 10 000 charakterystyki B i C	od 1 do 20 A			25	25	25	25	25
	25 A			25	25	25	25	25
	32 A			25	25	25	25	25
	40 A			25	25	25	25	25
	50 A			25	25	20	20	20
	63 A			25	25	15	15	15
	80 A			20	20	20	20	20
	100 A			20	20	20	20	20
	125 A					15	15	15
DPX 125	od 10 do 125 A				36			50
DPX 160	od 10 do 160 A							50
DPX 250 ER	od 100 do 250 A							50
DPX 250	od 40 do 250 A							
DPX 630	od 320 do 630 A							
DPX 1600	od 630 do 1250 A							

(1) Wyłącznik zainstalowany powyżej musi mieć wymaganą zdolność zwarciową w miejscu zainstalowania.

KOORDYNACJA WYŁĄCZNIKÓW NADPRĄDOWYCH S 300, S 310 I WYŁĄCZNIKÓW DPX

DPX 250			DPX-H 250			DPX 630		DPX-H 630		DPX 1600	DPX-H 1600
36 kA			70 kA			36 kA		70 kA		50 kA	70 kA
od 40 do 100 A	160 A	250 A	od 40 do 100 A	160 A	250 A	od 250 do 400 A	od 500 do 630 A	od 250 do 400 A	od 500 do 630 A	od 630 do 1600 A	od 630 do 1600 A
25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	20	20
25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	15	15
25	25	20	25	25	20	20	20	20	20	15	15
25	20	15	25	20	15	15	15	15	15	12,5	12,5
20	15	15	20	15	15	15	15	15	15	12,5	12,5
25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	20	20
25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	15	15
25	25	20	25	25	20	20	20	20	20	15	15
25	20	15	25	20	15	15	15	15	15	12,5	12,5
20	15	15	20	15	15	15	15	15	15	12,5	12,5
20	20	20	20	20	20	20	15	20	15	15	15
	20	20		20	20	20	15	20	15	15	15
	15	15		15	15	15	12,5	15	12,5	12,5	12,5
36	36	36	70	70	70	36	36	70	70		
			70	70	70	36	36	70	70		
			70	70	70			70	70	50	50
				70	70			70	70	50	70
								70	70	50	70
											70

Koordynacja działania aparatów zabezpieczających (ciąg dalszy)

Koordynacja w sieci trójfazowej (+N) 230/240 V zgodnie z normą EN 60947-2 (kA)								
Wyłączniki poniżej (wyłączniki obwodowe)		Wyłączniki powyżej (wyłączniki główne)(1)						
		S 300 6000 charakterystyka B i C	S 310 10 000			DPX 125 25 kA	DPX 125 36 kA	DPX 160 36 kA
		od 2 do 63 A	od 6 do 32 A	od 40 do 63 A	od 80 do 125 A	od 16 do 125 A	od 16 do 125 A	od 40 do 160 A
S 300 6000 charakterystyki B, C	od 0,5 do 10 A	25	50	25	20	30	30	30
	16 i 20 A	25	50	25	20	30	30	25
	25 A	25	50	25	20	25	25	20
	32 A	25		25	20	15	15	10
	40 A	25		25	20	10	10	10
S 310 10 000 charakterystyki B, C	od 1 do 20 A					35	35	50
	25 A					35	35	50
	32 A					35	35	50
	40 A					35	35	50
	50 A					25	25	36
	63 A					25	25	30
	80 A					25	25	25
	100 A					25	25	25
	125 A							25
DPX 125	od 16 do 125 A						50	
DPX 160	od 25 do 160 A							
DPX 250 ER	od 25 do 250 A							
DPX 250	od 100 do 250 A							
DPX 630	od 250 do 630 A							
DPX 1 600	od 630 do 1600 A							

(1) Wyłącznik zainstalowany powyżej musi mieć wymaganą zdolność zwarciową w miejscu zainstalowania.

KOORDYNACJA WYŁĄCZNIKÓW NADPRĄDOWYCH S 300, S 310 I WYŁĄCZNIKÓW DPX

DPX 250 ER		DPX 250			DPX-H 250			DPX 630		DPX-H 630		DPX 1600	DPX-H 1600
36 kA	50 kA	36 kA			70 kA			36 kA		70 kA		50 kA	70 kA
od 63 do 250 A	od 63 do 250 A	od 40 do 100 A	160 A	250 A	od 40 do 100 A	160 A	250 A	od 250 do 400 A	od 500 do 630 A	od 250 do 400 A	od 500 do 630 A	od 250 do 1600 A	od 630 do 1600 A
30	30	30	30	30	30	30	30	25	25	25	25	20	20
25	25	25	25	25	25			25	25	25	25	20	20
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	15	15
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
36	36	45	36	30	45	30	30	30	30	30	30	25	25
30	30	45	30	30	45	30	30	30	30	30	30	25	25
25	25		25	25	25	25	25	25	25	25	25	20	20
25	25		25	25		25	25	25	25	25	25	20	20
25	25		25	25		25	25	25	25	25	25	20	20
50	50	60	60	60	70	70	70	60	60	70	100		
50	50	60			100	100	100	60	60	70	100		
					100	100	100	60	60	70	100	70	
											100	70	100
											100	70	100
													100

Koordynacja działania aparatów zabezpieczających (ciąg dalszy)

KOORDYNACJA BEZPIECZNIKÓW TOPIKOWYCH I WYŁĄCZNIKÓW S 300, S 310

Koordynacja w sieci trójfazowej (+N) 400/415 V zgodnie z normą EN 60947-2 (kA)

Wyłączniki poniżej (wyłączniki obwodowe)		Wkładki topikowe powyżej (zabezpieczenia główne)	
		od 20 do 50 A	od 63 do 160 A
S 300 6000 charakterystyki B, C	od 1 do 40 A	100	100
	od 50 do 63 A		100
S 310 10 000 charakterystyki B, C	od 2 do 40 A	100	100
	od 50 do 125 A		100

Koordynacja w sieci trójfazowej (+N) 230/240 V zgodnie z normą EN 60947-2 (kA)

Wyłączniki poniżej (wyłączniki obwodowe)		Wkładki topikowe powyżej (zabezpieczenia główne)	
		od 20 do 50 A	od 63 do 160 A
S 300 6000 charakterystyki B, C	od 1 do 40 A	100	100
	od 50 do 63 A		100
S 310 10 000 charakterystyki B, C	od 2 do 40 A	100	100
	od 50 do 125 A		100

KOORDYNACJA WYŁĄCZNIK – ROZŁĄCZNIK

- **Przeciążenia**

Zakłada się, że rozłącznik I jest zabezpieczony przed przeciążeniami, jeśli jego prąd znamionowy jest co najmniej równy wartości prądu znamionowego wyłącznika D zainstalowanego powyżej lub jeśli suma prądów użytkowych aparatów C nie jest większa niż wartość prądu znamionowego rozłącznika I. W przeciwnym wypadku należy sprawdzić ograniczenia termiczne wyłącznika i oprzewodowanie instalacji.

- **Zwarcia**

Zgodnie z ogólną zasadą rozłączniki muszą być zabezpieczane przez wyłącznik zamontowany powyżej w instalacji (patrz tabela str. 379). Dopuszcza się jednak, aby zabezpieczenie było wykonywane przez wyłącznik zamontowany poniżej w instalacji. Należy wówczas sprawdzić okablowanie instalacji, aby zapobiec możliwości powstawania zwarć w okablowaniu między wyłącznikami i rozłącznikiem. Wszystkie aparaty muszą znajdować się w tym wypadku w jednej rozdzielnicy.

Koordynacja wyłączników nadprądowych S 300 i wyłączników różnicowoprądowych (kA)

Wyłączniki różnicowoprądowe poniżej		Wyłączniki powyżej			
		S 300 (charakterystyka C)		S 310	DPX
		≤40 A	50 A i 63 A		63 A
dwubiegunowe 230 V	16 A	10	10	10	6
	25 A	10	10	10	6
	40 A	10	10	10	6
	63 A	10	10	10	6
	80 A				
czterobiegunowe 230/400 V	25 A	10	6	10	6
	40 A	10	6	10	6
	63 A	10	6	10	6
	80 A	10	6	10	6

Koordynacja wyłączników DPX i rozłączników DPX-I (kA)

Rozłącznik poniżej	Wyłącznik powyżej													
	DPX 125			DPX 160	DPX 250 ER		DPX 250		DPX 630		DPX 1250		DPX 1600 (El)	
	16 kA	25 kA	36 kA	36 kA	36 kA	50 kA	36 kA	70 kA	36 kA	70 kA	50 kA	70 kA	50 kA	70 kA
DPX-I 125	16	25	36	25	25	50	36	50	36	70	50	50		
DPX-I 160				25	25	50	36	50	36	70	36	50		
DPX-I 250 ER				25	25	50	36	50	36	70	36	50		
DPX-I 250							36	70	36	70	50	70		
DPX-I 630 I_n=400 A									36	70	50	70		
DPX-I 630 I_n=630 A											50	70		
DPX-I 1600 I_n=800 A											50	70		
DPX-I 1600 I_n=1250 A											50	70	20	20
DPX-I 1600 I_n=1600 A													20	20

Koordynacja wyłączników DPX oraz rozłączników DPX-IS i rozłączników Vistop (kA)

Rozłącznik poniżej	Wyłącznik powyżej													
	DPX 125			DPX 160	DPX 250 ER		DPX 250		DPX 630		DPX 1250		DPX 1600 (El)	
	16 kA	25 kA	36 kA	36 kA	36 kA	50 kA	36 kA	70 kA	36 kA	70 kA	50 kA	70 kA	50 kA	70 kA
Vistop 63	16	25	36	25	25	36	36	50	36	50	36	36	36	36
Vistop 160				25	25	36	36	50	36	50	36	36	36	36
DPX-IS 250					25	36	36	50	36	50	36	36	36	36
DPX-IS 400									36	50	50	70	36	36
DPX-IS 630									36	50	50	70	36	50

Selektywna współpraca aparatów zabezpieczających

Selektywność to metoda, która opiera się na takim koordynowaniu aparatów zabezpieczających, aby zwarcie w jednym obwodzie nie powodowało wyłączenia zabezpieczenia głównego znajdującego się powyżej miejsca zwarcia. Dzięki temu zostaje zachowane zasilanie pozostałej nieuszkodzonej części instalacji. Selektywność usprawnia ciągłość zasilania i zapewnia bezpieczeństwo użytkowania instalacji.

Selektywność między wyłącznikami A i B określa się jako „całkowitą", jeśli jest zapewniona do wartości maksymalnego prądu zwarcia w miejscu, w którym został zamontowany wyłącznik B. W tabelach przedstawionych na następnych stronach selektywność całkowita „T" oznacza, że jest zapewniona selektywność do zdolności zwarciowej wyłącznika B. Jeśli w tabeli nie ma oznaczenia „T", należy wówczas porównać wskazane wartości z rzeczywistymi warunkami instalacji, aby sprawdzić, czy mamy selektywność całkowitą.
Selektywność między urządzeniami A i B określa się jako „częściową", gdy poziom zwarcia jest wyższy od wartości podanej w tabelach. Wartość ta określa granicę selektywności, poniżej której zadziała tylko wyłącznik B, a powyżej której zadziała również wyłącznik A.

Selektywność jest wymagana przez przepisy dotyczące instalacji wykonywanych w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej.

W przypadku większości zwarć, które występują w instalacjach, zapewnienie selektywności częściowej jest wystarczające, jeśli granica selektywności jest większa od wartości maksymalnego prądu zwarcia, który może powstać w dowolnym punkcie instalacji (lub na końcu linii). Mówi się wówczas o „selektywności eksploatacyjnej". Ta technika jest zwykle wystarczająca, bardziej ekonomiczna i łatwiejsza do zrealizowania.

Granice selektywności przy koordynacji wyłącznika DPX 250 ER (160 A) z wyłącznikiem nadprądowym o charakterystyce C i zdolności zwarciowej 6 kA (S 303 C 40 A). Poziom maksymalnego zwarcia (I_{kmax}) w punkcie instalacji wynosi 8 kA, nie ma więc selektywności całkowitej. Selektywność całkowita występuje natomiast w tym punkcie instalacji, gdzie spodziewany prąd zwarciowy wynosi 3 kA.

Istnieje wiele metod, które umożliwiają zachowanie selektywności:
– selektywność prądowa, stosowana dla obwodów końcowych, o niewielkich wartościach przewidywanych prądów zwarciowych,
– selektywność czasowa, która polega na opóźnianiu zadziałania wyłącznika zainstalowanego powyżej,
– selektywność dynamiczna, która wykorzystuje w optymalny sposób parametry wyłączników produkcji Legrand,
– selektywność logiczna, stosowana w wyłącznikach z wyzwalaczami elektronicznymi, wykorzystuje możliwości „komunikowania się" wyłączników.

Selektywność prądowa

Ta metoda opiera się na różnicy charakterystyk prądowych wyłączników montowanych poniżej i powyżej w instalacji.
Sprawdzanie odbywa się przez porównanie charakterystyk i zweryfikowanie, czy nie nakładają się one na siebie. Metodę tę stosuje się w strefach, w których występują przeciążenia i zwarcia, a im bardziej różnią się od siebie prądy znamionowe wyłączników, tym selektywność jest skuteczniejsza.

• W strefach przeciążeń

Aby uzyskać selektywność w strefie przeciążenia, stosunek prądów I_r musi być co najmniej równy 2.

• W strefach zwarć

Aby uzyskać selektywność w strefie zwarć, stosunek nastawy magnetycznej (I_m) powinien wynosić przynajmniej 1,5.
Granica selektywności jest zatem równa wartości prądu wyzwolenia magnetycznego I_{m_A} wyłącznika umieszczonego powyżej. Selektywność jest całkowita tak długo, jak długo wartość I_{k_B} jest mniejsza od I_{m_A}.

Selektywność prądowa jest odpowiednią metodą dla obwodów końcowych, gdzie prądy zwarcia są stosunkowo małe.

Selektywność prądowa

I_{k_B}: maksymalna wartość prądu zwarciowego w miejscu zainstalowania wyłącznika.

Selektywność jest całkowitą dla I_{k_B}

I_{k_B}: spodziewana wartość prądu zwarciowego w miejscu zainstalowania wyłącznika.
$I_{k'_B}$: prąd zwarciowy ograniczony przez aparat B.

Kiedy aparat B zainstalowany poniżej jest wyłącznikiem, prąd zwarciowy jest ograniczony czasem i amplitudą. Selektywność całkowitą uzyskujemy, jeśli wartość prądu ograniczonego $I_{k'_B}$, który przepływa przez wyłącznik B, jest niższa od wartości prądu, który powoduje zadziałanie wyłącznika A.

Selektywna współpraca aparatów zabezpieczających (ciąg dalszy)

Selektywność czasowa

Ta metoda opiera się na wykorzystaniu różnicy czasów zadziałania wyzwalaczy bezzwłocznych pokazanych na charakterystykach czasowo-prądowych wyłączników połączonych szeregowo. Sprawdza się to przez porównanie charakterystyk, a metodę tę stosuje się do uzyskania selektywności w strefach zwarć. Metoda ta uzupełnia selektywność prądową po to, aby otrzymać selektywność niezależnie od nastawy magnetycznej wyłącznika zamontowanego powyżej (I_{m_A})
Należy spełnić następujące warunki:
– wyłącznik powyżej powinien mieć możliwość ustawienia zwłoki czasowej,
– wyłącznik powyżej powinien wytrzymać prąd zwarciowy i jego skutki przez cały czas trwania zwłoki czasowej,
– przewody, przez które przepływa ten prąd, powinny wytrzymać oddziaływania termiczne (I_{ct}).

Czas, w którym nie zadziała wyłącznik zamontowany powyżej, powinien być dłuższy niż czas wyłączania (wraz z ewentualnym czasem opóźnienia) wyłącznika poniżej.
Wyłączniki mocy DPX mają kilka możliwości ustawień zwłoki czasowej, co daje możliwość uzyskania kilku poziomów selektywności.

Selektywność dynamiczna

Elektroniczne wyzwalacze do wyłączników mocy DPX mają możliwość dodatkowej regulacji wzmacniającej selektywność w przypadku takich instalacji, w których wymagany jest maksymalny poziom selektywności. Metoda ta wykorzystuje właściwości urządzeń produkcji Legrand. Gdy nie ma specjalnych wymogów dotyczących selektywności lub gdy wyłącznik zabezpiecza obwód końcowy, nie ma potrzeby aktywowania tej funkcji.

Przykład:
Wyłącznik powyżej: DPX 630 – I_n 630 A
Wyłącznik poniżej: DPX 125 – I_n 125 A
Selektywność standardowa – 6 kA (pokrętło na „Low")
Selektywność dynamiczna: całkowita (pokrętło na „High")

Wyzwalacz elektroniczny z nastawą I^2t

Zastosowanie wyłącznika z wyzwalaczami elektronicznymi, na których możliwe jest wykonanie nastawy I^2t na stałą wartość, polepsza poziom selektywności.

Dzięki przesunięciu tego punktu na charakterystyce wyzwolenia zwłocznego charakterystyki wyzwoleń nie zachodzą na siebie.

Selektywność logiczna

Metoda ta stosowana jest między dwoma wyłącznikami, które komunikują się ze sobą za pomocą dedykowanego połączenia przewodowego. Gdy wyłącznik znajdujący się poniżej w instalacji wykryje prąd zwarciowy, wysyła sygnał do urządzenia powyżej, które ma 50 ms opóźnienie wyłączenia. Jeśli urządzenie poniżej nie jest w stanie wyeliminować zwarcia przy takiej zwłoce czasowej, zadziała wówczas wyłącznik zainstalowany powyżej w instalacji. Elektroniczne wyzwalacze S2 wyłączników mocy DPX zostały opracowane w ten sposób, aby umożliwić realizację selektywności logicznej.

W celu usprawnienia ciągłości działania wyzwalacze elektroniczne, mają także funkcję ograniczania poboru mocy. Stosuje się ją do odłączenia obwodów niepriorytetowych, kiedy obciążenie zabezpiecznego obwodu przekracza 90% nastawionej wartości I_r.

Selektywność logiczna

Selektywność pomiędzy dwoma wyłącznikami mocy DPX uzyskana dzięki połączeniu logicznemu.

Granice selektywności wyłączników DMX/DPX

wyłącznik poniżej \ wyłącznik powyżej		DMX 2500				DMX 4000	
		1250	1600	2000	2500	3200	4000
DPX 125(1)		T	T	T	T	T	T
DPX 160(1)		T	T	T	T	T	T
DPX 250 ER(1)		T	T	T	T	T	T
DPX 250(1) MT i elektroniczny		T	T	T	T	T	T
DPX 630(1) MT i elektroniczny		T	T	T	T	T	T
DPX 1600(1) termiczno--magnetyczny	630 A	T	T	T	T	T	T
	800 A	T	T	T	T	T	T
	1000 A	T	T	T	T	T	T
	1250 A		T	T	T	T	T
DPX 1 600(1) elektroniczny	630 A	T	T	T	T	T	T
	800 A	T	T	T	T	T	T
	1250 A		T	T	T	T	T
	1600 A			T	T	T	T

(1) Wszystkie zdolności zwarciowe.
T: selektywność całkowita, względem zdolności zwarciowej wyłącznika zamontowanego poniżej w instalacji zgodnie z normą EN 60947-2.

Granice selektywności wyłączników DMX/DMX

wyłącznik poniżej \ wyłącznik powyżej		DMX/DMX-L					
		1250	1600	2000	2500	3200	4000
DMX/DMX-L	1250				T	T	T	T
	1600					T	T	T
	2000						T	T
	2500							T
	3200							
	4000							

Granice selektywności wyłączników DMX/S 300/S 310

	DMX/DMX-L					
	1250	1600	2000	2500	3200	4000
S 300	T	T	T	T	T	T
S 310	T	T	T	T	T	T

Selektywna współpraca aparatów zabezpieczających (ciąg dalszy)

Granice selektywności wyłączników DPX termiczno-magnetycznych / DPX

Wyłącznik poniżej		Wyłącznik powyżej (wyzwalacz termiczno-magnetyczny)																				
		DPX 125 (25 kA i 36 kA)				DPX 160, DPX 250 ER (36 kA i 50 kA)					DPX 250 DPX-H 250				DPX 630 DPX-H 630				DPX 1250 DPX-H 1250			
	I_n (A)	40	63	100	125	40	63	100	160	250	63	100	160	250	320	400	500	630	630	800	1000	1250
DPX	I_{st} (kA)	0,8	0,95	1,25	1,25	0,4	0,63	1	1,6	2,5	0,63	1	1,6	2,5	3,2	4	5	6,3	6,3	8	6	7,5
DPX 125 (25-36 kA)	16 A	0,8	1	1,2	1,2		0,63	1	1,6	2,5	0,63	1	1,6	2,5	6	6	6	8	16	16	16	16
	25 A	0,8	1	1,2	1,2		0,63	1	1,6	2,5	0,63	1	1,6	2,5	6	6	6	8	16	16	16	16
	40 A		1	1,2	1,2			1	1,6	2,5		1	1,6	2,5	6	6	6	8	16	16	16	16
	63 A			1,2	1,2				1,6	2,5			1,6	2,5	6	6	6	8	16	16	16	16
	100 A								1,6	2,5			1,6	2,5	4	4	6	8	16	16	16	16
	125 A								1,6	2,5			1,6	2,5	4	4	6	8	16	16	16	16
DPX 160 DPX 250 ER (36 kA)	63 A						0,63	1	1,6	2,5		1	1,6	2,5	3,2	4	5	6,3	16	16	16	16
	100 A								1,6	2,5			1,6	2,5	3,2	4	5	6,3	16	16	16	16
	160 A									2,5				2,5	3,2	4	5	6,3	16	16	16	16
	250 A														3,2	4	5	6,3	16	16	16	16
DPX 250 ER (50 kA)	63 A							1	1,6	2,5		1	1,6	2,5	3,2	4	5	6,3	16	16	16	16
	100 A								1,6	2,5			1,6	2,5	3,2	4	5	6,3	16	16	16	16
	160 A									2,5				2,5	3,2	4	5	6,3	16	16	16	16
	250 A														3,2	4	5	6,3	16	16	16	16
DPX 250 (MT) (36 kA)	63 A											1	1,6	2,5	3,2	4	5	6,3	16	16	16	16
	100 A												1,6	2,5	3,2	4	5	6,3	16	16	16	16
	160 A													2,5	3,2	4	5	6,3	16	16	16	16
	250 A														3,2	4	5	6,3	16	16	16	16
DPX 250 (EL) (36 kA) S1	40 A														3,2	4	5	6,3	16	16	16	16
	100 A														3,2	4	5	6,3	16	16	16	16
	160 A														3,2	4	5	6,3	16	16	16	16
	250 A														3,2	4	5	6,3	16	16	16	16
DPX-H 250 (MT) (70 kA)	63 A														3,2	4	5	6,3	16	16	16	16
	100 A														3,2	4	5	6,3	16	16	16	16
	160 A														3,2	4	5	6,3	16	16	16	16
	250 A														3,2	4	5	6,3	16	16	16	16
DPX-H 250 (EL) (70 kA) S1	40 A														3,2	4	5	6,3	16	16	16	16
	100 A														3,2	4	5	6,3	16	16	16	16
	160 A														3,2	4	5	6,3	16	16	16	16
	250 A														3,2	4	5	6,3	16	16	16	16
DPX 630 (MT) (36 kA)	320 A															4	5	6,3	10	10	10	10
	400 A																5	6,3	10	10	6	7,5
	500 A																	6,3	10	10	6	7,5
	630 A																			10	6	7,5
DPX-H 630 (EL) (70 kA)	320 A															4	5	6,3	10	10	10	10
	400 A																5	6,3	10	10	6	7,5
	500 A																	6,3	10	10	6	7,5
	630 A																			10	6	7,5
DPX 630 (EL) (36 kA) S1-S2	250 A																	6,3	6,3	8	6	8
	400 A																	6,3	6,3	8	6	8
	630 A																			8	6	8
DPX-H 630 (70 kA) S2	250 A																	6,3	6,3	8	6	8
	400 A																	6,3	6,3	8	6	8
	630 A																			8	6	8
DPX 1250 (50-70 kA)	630 A																			8	7,5	7,5
	800 A																				7,5	7,5
	1000 A																					7,5

MT – zabezpieczenie termiczno-magnetyczne.
EL – zabezpieczenie elektroniczne.

Granice selektywności wyłączników DPX elektronicznych / DPX

Wyłącznik poniżej		Wyłącznik powyżej (z zabezpieczeniem elektronicznym)																									
		DPX 250 (36 kA) S1 DPX-H 250 (70 kA) S1								DPX 630 (36 kA) S1 DPX-H 630 (70 kA) S2						DPX 1600 (50 kA) S1				DPX-H 1600 (70 kA) S2				DPX 1600 S1 DPX-H 1600 S2			
	I_n (A)	40		100		160		250		250		400		630		630		800		630		800		1250		1600	
DPX	I_{st} (kA)	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L
DPX 125 (25 kA)	25 A		3,5		3,5		3,5		3,5	T	8	T	8	T	8	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	40 A				3,5		3,5		3,5	T	6	T	6	T	6	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	63 A				3,5		3,5		3,5	T	6	T	6	T	6	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	100 A						3,5		3,5	T	6	T	6	T	6	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	125 A						3,5		3,5	T	6	T	6	T	6	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
DPX 125 (36 kA)	16 A		3,5		3,5		3,5		3,5	T	8	T	8	T	8	T	25	T	25	T	T	T	T	T	T	T	T
	25 A		3,5		3,5		3,5		3,5	T	8	T	8	T	8	T	25	T	25	T	T	T	T	T	T	T	T
	40 A				3,5		3,5		3,5	T	6	T	6	T	6	T	25	T	25	T	T	T	T	T	T	T	T
	63 A				3,5		3,5		3,5	T	6	T	6	T	6	T	25	T	25	T	T	T	T	T	T	T	T
	100 A						3,5		3,5	T	6	T	6	T	6	T	25	T	25	T	T	T	T	T	T	T	T
	125 A						3,5		3,5	T	6	T	6	T	6	T	25	T	25	T	T	T	T	T	T	T	T
DPX 160 DPX 250 ER (36 kA)	63 A				3,5		3,5		3,5	T	6	T	6	T	6	T	20	T	20	T	T	T	T	T	T	T	T
	100 A						3,5		3,5	T	6	T	6	T	6	T	20	T	20	T	T	T	T	T	T	T	T
	160 A								3,5	T	6	T	6	T	6	T	20	T	20	T	T	T	T	T	T	T	T
	250 A											T	6	T	6	T	20	T	20	T	T	T	T	T	T	T	T
DPX 250 ER (50 kA)	63 A				3,5		3,5		3,5	36	6	36	6	36	6	T	20	T	20	T	T	T	T	T	T	T	T
	100 A						3,5		3,5	36	6	36	6	36	6	T	20	T	20	T	T	T	T	T	T	T	T
	160 A								3,5	36	6	36	6	36	6	T	20	T	20	T	T	T	T	T	T	T	T
	250 A											36	6	36	6	T	20	T	20	T	T	T	T	T	T	T	T
DPX 250 (36 kA)	63 A		3,5		3,5		3,5		3,5	T	8	T	8	T	8	T	20	T	20	T	T	T	T	T	T	T	T
	100 A				3,5		3,5		3,5	T	8	T	8	T	8	T	20	T	20	T	T	T	T	T	T	T	T
	160 A						3,5		3,5	T	8	T	8	T	8	T	20	T	20	T	T	T	T	T	T	T	T
	250 A											T	6	T	6	T	20	T	20	T	T	T	T	T	T	T	T
DPX 250 (36 kA) S1	40 A				1		1,6		2,5	T	8	T	8	T	8	T	20	T	20	T	T	T	T	T	T	T	T
	100 A						1,6		2,5	T	6	T	6	T	6	T	20	T	20	T	T	T	T	T	T	T	T
	160 A								2,5	T	6	T	6	T	6	T	20	T	20	T	T	T	T	T	T	T	T
	250 A											T	6	T	6	T	20	T	20	T	T	T	T	T	T	T	T
DPX-H 250 (70 kA)	63 A				3,5		3,5		3,5	36	8	36	8	36	8	36	20	36	20	36	30	36	30	36	30	36	36
	100 A						3,5		3,5	36	8	36	8	36	8	36	20	36	20	36	30	36	30	36	30	36	36
	160 A								3,5	36	8	36	8	36	8	36	20	36	20	36	30	36	30	36	30	36	36
	250 A											36	6	36	6	36	20	36	20	36	30	36	30	36	30	36	36
DPX-H 250 (70 kA) S1	40 A				1		1,6		2,5	36	8	36	8	36	8	36	20	36	20	36	30	36	30	36	30	36	36
	100 A						1,6		2,5	36	6	36	6	36	6	36	20	36	20	36	30	36	30	36	30	36	36
	160 A								2,5	36	6	36	6	36	6	36	20	36	20	36	30	36	30	36	30	36	36
	250 A											36	6	36	6	36	20	36	20	36	30	36	30	36	30	36	36
DPX 630 (36 kA)	320 A											25	6	25	6	T	15	T	15	T	20	T	20	T	20	T	T
	400 A													25	6	T	15	T	15	T	20	T	20	T	20	T	T
	500 A													25		T	10	T	10	T	20	T	20	T	20	T	T
	630 A																	T	10			T	20	T	20	T	T
DPX-H 630 (70 kA)	320 A											25	6	25	6	36	15	36	15	36	20	36	20	36	20	36	36
	400 A													25	6	36	15	36	15	36	20	36	20	36	20	36	36
	500 A													25		36	10	36	10	36	20	36	20	36	20	36	36
	630 A																	36	10			36	20	36	20	36	36
DPX 630 (36 kA) S1	250 A											25	5	25	5	T	15	T	15	T	20	T	20	T	20	T	T
	400 A													25	5	T	15	T	15	T	20	T	20	T	20	T	T
	630 A																	T	15			T	20	T	20	T	T
DPX-H 630 (70 kA) S2	250 A											25(1)	5	25(1)	5	36	15	36(1)	15	36(1)	20	36(1)	20	36(1)	20	36	36
	400 A													25(1)	5	36	15	36(1)	15	36(1)	20	36(1)	20	36(1)	20	36	36
	630 A																	36	15			36(1)	20	36(1)	20	36	36
DPX 1250 (50-70 kA)	630 A																	36	15			36	20	36	20	36	20
	800 A																							36	20	36	20
	1000 A																							36	20	36	20
	1250 A																									36	20
DPX 1600 (50 kA) S1-S2	630 A																	36	15			36	15	36	15	36	20
	800 A																							36	15	36	20
	1250 A																									36	20
	1600 A																										

(1) Możliwość uzyskania selektywności całkowitej.

Selektywna współpraca aparatów zabezpieczających (ciąg dalszy)

Granice selektywności pomiędzy

Wyłącznik poniżej		Wyłącznik powyżej: S 300-S 310 charakterystyka C(1)														Wyłącznik powyżej: S 300-S 310 charakterystyka D(1)					
		6 A	8 A	10 A	13 A	16 A	20 A	25 A	32 A	40 A	50 A	63 A	80 A	100 A	125 A	6 A	10 A	16 A	20 A	25 A	32 A
S 300 S 310 charakterystyka C(1)	1 A	45	64	75	97	120	150	187	240	300	375	472	480	600	750	72	120	192	240	300	384
	2 A	45	64	75	97	120	150	187	240	300	375	472	480	600	750	72	120	192	240	300	384
	3 A	45	64	75	97	120	150	187	240	300	375	472	480	600	750	72	120	192	240	300	384
	6 A		64	75	97	120	150	187	240	300	375	472	480	600	750		120	192	240	300	384
	10 A				97	120	150	187	240	300	375	472	480	600	750			192	240	300	384
	16 A						150	187	240	300	375	472	480	600	750				240	300	384
	20 A							187	240	300	375	472	480	600	750					300	384
	25 A								240	300	375	472	480	600	750						384
	32 A									300	375	472	480	600	750						
	40 A										375	472	480	600	750						
	50 A											472	480	600	750						
	63 A												480	600	750						
	80 A													600	750						
	100 A														750						
	125 A																				
S 300 S 310 charakterystyka D	1 A	45	64	75	97	120	150	187	240	300	375	472	480	600	750	72	120	192	240	300	384
	2 A	45	64	75	97	120	150	187	240	300	375	472	480	600	750	72	120	192	240	300	384
	3 A		64	75	97	120	150	187	240	300	375	472	480	600	750	72	120	192	240	300	384
	6 A				97	120	150	187	240	300	375	472	480	600	750		120	192	240	300	384
	10 A						150	187	240	300	375	472	480	600	750			192	240	300	384
	16 A								240	300	375	472	480	600	750				240	300	384
	20 A									300	375	472	480	600	750					300	384
	25 A										375	472	480	600	750						384
	32 A											472	480	600	750						
	40 A												480	600	750						
	50 A													600	750						
	63 A													600	750						
S 300 S 310 charakterystyka B(1)	6 A		64	75	97	120	150	187	240	300	375	472	480	600	750		120	192	240	300	384
	10 A				97	120	150	187	240	300	375	472	480	600	750			192	240	300	384
	16 A						150	187	240	300	375	472	480	600	750				240	300	384
	20 A							187	240	300	375	472	480	600	750					300	384
	25 A								240	300	375	472	480	600	750						384
	32 A									300	375	472	480	600	750						
	40 A										375	472	480	600	750						
	50 A											472	480	600	750						
	63 A												480	600	750						

(1) Wyłącznik zamontowany poniżej w instalacji musi mieć dobrany próg wyzwolenia magnetycznego i prąd znamionowy na mniejszą wartość niż wyłączniki znajdujące się powyżej.

wyłącznikami modułowymi

S 300-S 310 charakterystyka D[1]			S 300-S 310 charakterystyka B[1]								
40 A	50 A	63 A	6 A	10 A	16 A	20 A	25 A	32 A	40 A	50 A	63 A
480	600	756	24	40	64	80	100	128	160	200	252
480	600	756	24	40	64	80	100	128	160	200	252
480	600	756		40	64	80	100	128	160	200	252
480	600	756			64	80	100	128	160	200	252
480	600	756					100	128	160	200	252
480	600	756							160	200	252
480	600	756								200	252
480	600	756									252
480	600	756									
	600	756									
		756									
480	600	756	24	40	64	80	100	128	160	200	252
480	600	756		40	64	80	100	128	160	200	252
480	600	756			64	80	100	128	160	200	252
480	600	756					100	128	160	200	252
480	600	756							160	200	252
480	600	756									252
480	600	756									
480	600	756									
480	600	756									
	600	756									
		756									
480	600	756		40	64	80	100	128	160	200	252
480	600	756			64	80	100	128	160	200	252
480	600	756				80	100	128	160	200	252
480	600	756					100	128	160	200	252
480	600	756						128	160	200	252
480	600	756							160	200	252
	600	756								200	252
		756									252

Selektywna współpraca aparatów zabezpieczających (ciąg dalszy)

Granice selektywności wyłączników DPX / S 300

Wyłącznik S 300 poniżej		Wyłącznik DPX powyżej																
		DPX 125				DPX 160		DPX 250 ER				DPX 250/ DPX-H 250				DPX 630/ DPX-H 630		DPX DPX-H 1600
		40 A	63 A	100 A	125 A	63 A i 100 A	160 A	63 A	100 A	160 A	250 A	63 A	100 A	160 A	250 A	100 A i 160 A	od 250 do 630 A	od 630 A do 1600 A
S 300 6000 S 310 10 000 charakterystyka B i C	1 A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	2 A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	3 A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	6 A	6000	6000	T	T	T	T	T	T	T	T	6000	T	T	T	T	T	T
	10 A	5000	5000	7500	7500	7000	T	5000	T	T	T	5000	T	T	T	T	T	T
	16 A	4000	4000	6000	6000	6000	T	4000	T	T	T	4000	T	T	T	T	T	T
	20 A	3000	3000	5000	5000	5000	T	4000	8000	T	T	4000	8000	T	T	T	T	T
	25 A	3000	3000	4500	4500	4000	8500	3000	6000	8500	T	3000	6000	T	T	T	T	T
	32 A		2000	4000	4000	4000	7000	2000	5000	7000	T	2000	5000	T	T	T	T	T
	40 A		2000	3000	3000	3000	6000	2000	4000	6000	T	2000	5000	T	T	T	T	T
	50 A			3000	3000	3000	5500		4000	5500	7000		4000	8000	T	T	T	T
	63 A			3000	3000	3000	5000		3000	5000	6000		4000	8000	T	T	T	T
	80 A				2000	2000	5000		2500	5000	6000			8000	T	T	T	T
	100 A						4000			4000	5000			7500	T	T	T	T
	125 A						2000			2000	3000			3000	8000	T	T	T

T: selektywność całkowita względem zdolności zwarciowej wyłącznika zamontowanego poniżej w instalacji zgodnie z normą EN 60947-2.
Wyłącznik zamontowany poniżej w instalacji musi mieć dobrany próg wyzwolenia magnetycznego i prąd znamionowy na mniejszą wartość niż wyłączniki znajdujące się powyżej.

Granice selektywności bezpieczników topikowych/S 300

Wyłącznik poniżej		Bezpiecznik topikowy zamontowany powyżej																	
		Typ gG									Typ aM								
		25 A	32 A	40 A	50 A	63 A	80 A	100 A	125 A	160 A	25 A	32 A	40 A	50 A	63 A	80 A	100 A	125 A	160 A
	0,5-6 A		1600	1900	2500	4000	4600	11 000	25 000	T	1000	1300	2100	3200	6200	15 000	25 000	25 000	T
	8 A		1600	1900	2500	4000	4600	11 000	25 000	T	1000	1300	2100	3200	6200	15 000	25 000	25 000	T
	10 A			1600	2200	3200	3600	7000	11 000	20 000		1100	1700	2500	5000	7800	1200	2500	T
	13 A			1600	2200	3200	3600	7000	11 000	20 000		1100	1700	2500	5000	7800	1200	2500	T
	16 A			1400	1800	2600	3000	5600	8000	15 000		1000	1400	2100	4000	6000	9000	2100	T
S 300	20 A			1200	1500	2200	2500	4600	6300	10 000			1300	1800	4000	6000	9000	2100	20 000
S 310	25 A				1300	2000	2200	4100	5500	8000			1100	1600	3000	4500	6000	9300	14 000
charakterystyka	32 A				1200	1700	1900	3500	4500	7000				1300	2400	3800	5000	7700	10 000
B i C	40 A						1700	3000	4000	5000					2100	3100	4200	6400	8000
	50 A						1600	2600	3500	4500					2000	2900	3700	6000	7000
	63 A							2400	3300	4500						2800	3500	5500	7000
	80 A							3000	6000	8000							3000	5000	6000
	180 A								4000	5000								4000	5000
	125 A									4000									4000

T: selektywność całkowita względem zdolności zwarciowej wyłącznika zamontowanego poniżej w instalacji zgodnie z normą EN 60947-2.

Granice selektywności bezpieczników topikowych/DPX

Wyłącznik poniżej		Bezpiecznik topikowy zamontowany powyżej		
		Typ gG		
		250 A	400 A	1000 A
DPX	DPX 125	7500		
	DPX 160		10 000	
	DPX 250		10 000	
	DPX 630			50 000

Wyłączniki różnicowoprądowe

Wyłącznik różnicowoprądowy mierzy w sposób ciągły różnicę pomiędzy wartością prądu wpływającego a wartością prądu powracającego w obwodzie, który zabezpiecza. Jeśli ta różnica ma wartość różną od zera, oznacza to, że wykryty został prąd upływowy. Kiedy wartość ta osiągnie poziom większy od prądu różnicowego zadziałania, nastąpi automatyczne wyłączenie zasilania chronionych obwodów.

BUDOWA I DZIAŁANIE WYŁĄCZNIKA RÓŻNICOWOPRĄDOWEGO

Dwa najważniejsze elementy wchodzące w skład ochronnika różnicowoprądowego to przekładnik prądowy i przekaźnik spolaryzowany.

Przekładnik prądowy

Przekładnik prądowy działa jak transformator. Przez uzwojenie pierwotne przepływają prądy zasilające zabezpieczony obwód, natomiast uzwojenie wtórne zasila przekaźnik spolaryzowany. Jeśli wystąpi upływ prądu, suma wektorowa prądów nie będzie miała wartości zerowej i pojawi się prąd różnicowy. Jeżeli wartość tego prądu przekroczy wartość prądu zadziałania, przekaźnik spolaryzowany, sterując zamkiem wyłącznika spowoduje otwarcie jego układu stykowego i odcięcie zasilania uszkodzonej instalacji.

Przekaźnik spolaryzowany

Przekaźnik spolaryzowany składa się z obwodu magnetycznego, w którym znajduje się m.in. cewka przekaźnika oraz magnes stały. W czasie czuwania przekaźnika zwora zamykająca obwód magnetyczny jest przytrzymywana polem magnesu stałego, pokonując siłę sprężyny odciągającej zworę. Gdy przez cewkę przekaźnika popłynie prąd równoważny prądowi różnicowemu zadziałania, to pole magnetyczne wytworzone przez cewkę skompensuje wpływ pola magnesu stałego. Zwora zostanie gwałtownie odciągnięta przez sprężynę. Ruch zwory zostanie przekazany do mechanizmu zamka, powodując rozłączenie układu stykowego wyłącznika.

Wyłącznik różnicowoprądowy 1P+N

Zasada działania

$\vec{I}_2 = -\vec{I}_1$

$\vec{I}_1 + \vec{I}_2 = 0$

Wartość prądu wpływającego jest taka sama jak wartość prądu powracającego. Jeśli nie pojawia się prąd różnicowy, nie wytwarza się pole magnetyczne w przekładniku. Cewka przekaźnika nie zostaje pobudzona. Styki pozostają zamknięte. Odbiornik pracuje normalnie.

$\vec{I}_2 \neq \vec{I}_1$

$\vec{I}_1 + \vec{I}_2 = \vec{I}_d$

Wartość prądu wpływającego jest różna od wartości prądu powracającego. Prąd różnicowy powoduje wytworzenie siły elektromotorycznej w uzwojeniu wtórnym przekładnika, która generuje prąd pobudzający przekaźnik spolaryzowany. Wyłącznik swoimi stykami odłącza odbiornik.

Prąd upływowy i prąd uszkodzeniowy

Prąd upływowy:
Prąd, który w normalnych warunkach działania odpływa do ziemi, jeśli nie ma żadnego uszkodzenia.

Prąd uszkodzeniowy:
Prąd, który odpływa do ziemi przez masy lub przewód ochronny na skutek wystąpienia przebicia izolacji.

Wyłączniki różnicowoprądowe
(ciąg dalszy)

APARATY Z FUNKCJĄ RÓŻNICOWOPRĄDOWĄ

Dobór aparatów z funkcją różnicowoprądową zależy od poziomu zabezpieczenia, które chce się uzyskać (czyli progu wyzwolenia przy $I_{\Delta n}$), od rodzaju aparatu, który wyłącza obwód (bez zabezpieczenia nadprądowego lub z zabezpieczeniem nadprądowym), oraz od specyficznych warunków użytkowania (zwłoka czasowa, selektywność, Hpi – krótkozwłoczność).

Określanie progu wyzwolenia wyłącznika różnicowoprądowego

Wyróżnia się trzy grupy wyłączników różnicowoprądowych: o wysokim, średnim lub niskim progu czułości.

• Wysoka czułość: $I_{\Delta n} \leqslant 30$ mA
Wyłączniki różnicowoprądowe o wysokiej czułości stosuje się do zabezpieczania instalacji elektrycznych i odbiorników do nich przyłączonych w pomieszczeniach wilgotnych, przenośnych instalacji elektrycznych (np. na budowach lub targach), w budynkach rolniczych, lub tam gdzie jakość uziemienia jest niewystarczająca.

• Średnia czułość: 30 mA < $I_{\Delta n} \leqslant 500$ mA
Takie wyłączniki różnicowoprądowe stosuje się do zabezpieczania instalacji stacjonarnych (zwykle w układzie sieci TT). Można wówczas uzyskać selektywność z aparatami o wysokiej czułości. Zabezpieczają także w przypadku zaistnienia prądów uszkodzeniowych o dużej wartości i małych prądów zwarciowych doziemnych (zmniejszają ryzyko pożaru od instalacji elektrycznych).

• Niska czułość: $I_{\Delta n} > 0{,}5$ A
Wyłączniki o tym poziomie czułości są stosowane w układach sieci TN oraz IT i umożliwiają zachowanie selektywności z aparatami o wysokiej i średniej czułości.

Dobór aparatu zabezpieczającego

• Wyłącznik różnicowoprądowy
Zgodnie z normą EN 61008 wyłącznik różnicowoprądowy wyłącza obwód w przypadku zaistnienia w nim prądów upływowych, ale nie zabezpiecza przed przetężeniami. Należy więc koniecznie dodać do instalacji urządzenie zabezpieczające, np. wyłącznik nadprądowy lub bezpiecznik topikowy, który będzie zabezpieczał również ten aparat.

• Wyłącznik różnicowonadprądowy
Zgodnie z normą EN 61009 wyłącznik różnicowonadprądowy wyłącza obwód w przypadku zaistnienia w nim prądów upływowych i zabezpiecza przed przetężeniami (zwarciami i przeciążeniami).
Wyłączniki takie mogą mieć różną budowę, mogą to być:
– wyłączniki modułowe typu monoblok,
– bloki różnicowoprądowe dołączane do aparatów modułowych,
– bloki różnicowoprądowe dołączane do aparatów DPX z boku lub od dołu,
– przekaźniki różnicowoprądowe z oddzielnymi przekładnikami, które współpracują z wyłącznikami poprzez wyzwalacze.

Wyłącznik różnicowoprądowy umiejscowiony w instalacji powyżej aparatu zabezpieczającego przed przetężeniami

Część instalacji między wyłącznikiem różnicowoprądowym powyżej w instalacji i aparatami zabezpieczającymi zainstalowanymi poniżej powinna być zabezpieczona przed ryzykiem porażenia przy dotyku pośrednim (przewody powinny być prowadzone w korytkach grzebieniowych lub przymocowane przy użyciu obejm kablowych). Należy stosować również szyny łączeniowe i bloki rozdzielcze.

Norma PN-IEC 60364-4-41 określa sposoby ochrony przed porażeniem przy dotyku bezpośrednim i przy dotyku pośrednim

Wszystkie obwody instalacji powinny być zabezpieczane przez wyłączniki różnicowoprądowe $I_{\Delta n}$ = 30 mA. Ilość tych wyłączników można dobrać z tabeli poniżej.

Instalacja jednofazowa o mocy 18 kVA z ogrzewaniem elektrycznym lub bez	
Pomieszczenia mieszkalne	**Prąd znamionowy różnicowy wyłączników różnicowoprądowych $I_{\Delta n}$ = 30 mA**
Powierzchnia ≤ 35 m²	1 x 25 A i 1 x 40 A(1)
35 m² < Powierzchnia ≤ 100 m²	3 x 40 A(1)
Powierzchnia > 100 m²	4 x 40 A(1) (2)

(1) Wyłącznik różnicowoprądowy 40 A typu A może zabezpieczać obwody w kuchni, płytę kuchenną elektryczną lub obwód pralki.
(2) Gdy w mieszkaniu zamontowane jest ogrzewanie elektryczne o mocy powyżej 8 kVA, wyłącznik różnicowoprądowy 40 A należy zastąpić wyłącznikiem 63 A typu AC.

W przypadku stosowania wyłączników różnicowonadprądowych ich minimalna ilość powinna być taka jak podano w tabeli, natomiast prąd znamionowy wyłącznika różnicowonadprądowego powinien być odpowiednio dobrany do obwodu, który ma zabezpieczać.
Wyłączniki różnicowonadprądowe powinny być instalowane na początku każdego obwodu, z wyjątkiem obwodów zasilanych przez transformator separacyjny.
Obwody zewnętrzne i sprzęt używany poza budynkiem powinny mieć oddzielne zabezpieczenie różnicowoprądowe, inne niż obwody w budynku.
Zabezpieczenie przez wyłącznik różnicowonadprądowy 30 mA może być:
- obwodowe dla kilku obwodów,
- indywidualne dla jednego specjalnie wydzielonego obwodu.
Niektóre obwody mogą być częściej niż inne źródłem wyzwolenia zabezpieczenia różnicowoprądowego, np. obwód pralki lub obwód zmywarki do naczyń.
Te obwody, gdzie wyłączenia są szczególnie niepożądane (zamrażalniki, sprzęt informatyczny) mogą być zabezpieczane przez wyłączniki różnicowoprądowe krótkozwłoczne (tzw. Hpi) lub zasilane przez transformator separacyjny.

Wyłączniki różnicowonadprądowe 4-biegunowe – monoblok, char. C od 10 do 32 A, $I_{\Delta n}$ = 30 i 300 mA, typ AC.

Wyłączniki różnicowonadprądowe 4-biegunowe – wyłącznik+blok różnicowoprądowy, char. C, od 40 do 63 A $I_{\Delta n}$ = 30 i 300 mA, typ AC.

Wyłączniki różnicowoprądowe mają przycisk „test". Przycisk ten symuluje pojawienie się prądu upływowego. Test należy przeprowadzać raz w miesiącu.

Wyłączniki różnicowoprądowe
(ciąg dalszy)

Przekaźniki różnicowoprądowe z przekładnikiem

Współpracują z wyłącznikami DPX i rozłącznikami DPX-I wyposażonymi w wyzwalacze.

Progi wyzwolenia różnicowoprądowego są zwykle gwarantowane do temperatury -5°C Niektóre rodzaje wyłączników różnicowoprądowych, np. wersja „Hpi", mają gwarantowany próg wyzwolenia do -25°C. Taki wyłącznik jest wówczas specjalnie oznaczony.

Blok różnicowoprądowy > do wyłączników modułowych.

< Blok różnicowoprądowy boczny o nr. ref. 0230 36 przyłączony do DPX 250 ER.

Szczególne warunki użytkowania

Istnieją dwa rodzaje wyłączników różnicowoprądowych:
- Typ AC
Używany w standardowych instalacjach bez składowej prądu stałego.
- Typ A
Używany, gdy napięcie zasilania ma odkształcony przebieg (prąd nie wyraża się idealną falą sinusoidalną lub ma składową prądu stałego). Ten typ wyłącznika jest zalecany dla zabezpieczenia sprzętu elektronicznego, komputerów, oświetlenia fluoroscencyjnego itp.

Każdy rodzaj wyłącznika różnicowoprądowego może być dostępny w następujących wersjach:
- „Standardowa" (wyłączanie powinno być bezzwłoczne),
- „S" (selektywna lub z opóźnieniem).

Wyłączanie jest opóźnione dla umożliwienia otrzymania selektywności z wyłącznikami różnicowoprądowymi zamontowanym poniżej. Istnieje też odmiana wyłącznika różnicowoprądowego typu A Hpi, tzw. Hpi. Wyłącznik ten jest bardziej odporny na zakłócenia przejściowe (patrz str. 397).

Charakterystyki działania wyłączników różnicowoprądowych

Konieczność stosowania wyłączników różnicowoprądowych

Bezpieczeństwo instalacji, które gwarantuje zabezpieczenie, zależy od sposobu prowadzenia przewodu neutralnego, projektu instalacji (obliczeń), od wykonania instalacji (długości linii, jakości uziemienia), a zwłaszcza od sposobów rozbudowy instalacji oraz sposobu jej użytkowania.
Z powodu wielości czynników, które mają wpływ na bezpieczeństwo, stosowanie wyłączników różnicowoprądowych stanowi dodatkowe zabezpieczenie instalacji.
Bez względu na rodzaj układu sieci, wyłącznik różnicowoprądowy stanowi najlepszy sposób zabezpieczenia.
– Wyłącznik różnicowoprądowy o średnim poziomie czułości (300 lub 500 mA) zapobiega wzrostowi energii prądów uszkodzeniowych, które mogą być przyczyną pożarów (zabezpieczenie mienia).
– wyłącznik różnicowoprądowy o wysokim poziomie czułości (30 mA) zabezpiecza przed porażeniem przy dotyku pośrednim w przypadku wadliwego uziemienia lub przerwania przewodu ochronnego. Wyłącznik ten uzupełnia również ochronę przed porażeniem przy dotyku bezpośrednim.
• W przypadku wystąpienia pierwszego uszkodzenia w układzie sieci TT:
– wyłącznik różnicowoprądowy umieszczony na początku instalacji wykrywa prądy uszkodzeniowe w momencie ich pojawienia się. Umożliwia poprawną pracę układu sieci TT przy niezachowaniu prawidłowej wartości rezystancji uziemień w warunkach trudnych do jej uzyskania,
– wyłącznik różnicowoprądowy umieszczony na każdym odpływie lub na każdej grupie obwodów umożliwia uzyskanie selektywności zabezpieczenia, pod warunkiem że masy nie są ze sobą połączone.
• W przypadku wystąpienia pierwszego uszkodzenia w układzie sieci TN:
– wyłącznik różnicowoprądowy umieszczony na każdym odpływie gwarantuje warunki wyzwolenia w przypadku długich linii lub błędnego użytkowania instalacji,
– ten sam wyłącznik umieszczony na początku grupy obwodów zabezpiecza w przypadku, gdy przewody PE nie są ze sobą połączone (np. w budynkach oddalonych od siebie).
• W przypadku wystąpienia podwójnego uszkodzenia w układzie sieci IT:
– wyłącznik różnicowoprądowy umieszczony w odpływach, których warunki zadziałania zabezpieczenia nie są zapewnione (np. z powodu długości linii, ograniczeń w układzie sieci IT z powodu mniejszego prądu uszkodzeniowego niż w układzie sieci TN) gwarantuje wykonanie wyłączenia,
– wyłącznik różnicowoprądowy umieszczony na początku grupy obwodów zabezpiecza w przypadku, gdy masy nie są ze sobą połączone (np. w budynkach oddalonych od siebie).

We Francji dopuszcza się odstępstwo od wymagań normy IEC 60364 i znosi konieczność zabezpieczania gniazd do 32 A przez wyłącznik różnicowoprądowy, pod warunkiem że nie ma to wpływu na sposób użytkowania instalacji (np. pojawienie się prądów upływowych w sprzęcie informatycznym).

Uwaga: Za taką decyzję odpowiedzialność ponosi osoba zarządzająca danym budynkiem.

Należy wówczas przewidzieć dodatkowe środki ostrożności (odpowiednie oznakowania, gniazda z przesłonami styków).

Gniazda Mosaic i wtyczka odblokowująca przesłony styków.

Wyłączniki różnicowoprądowe
(ciąg dalszy)

Nieprzewidziane zadziałanie wyłączników różnicowoprądowych

Powody

• Prądy upływowe:

W instalacjach elektrycznych nN prądy upływowe występują w sposób stały i nie są związane z występowaniem uszkodzeń, lecz z parametrami samej izolacji urządzeń i przewodów. W instalacji, która znajduje się w dobrym stanie, wartość tych prądów wynosi zwykle kilka miliamperów, co nie powoduje niespodziewanych wyłączeń.
Nowoczesne odbiorniki mają w swojej konstrukcji coraz więcej układów elektronicznych z zasilaczami beztransformatorowymi, które są źródłem powstawania prądów upływowych. Jedno stanowisko informatyczne składające się z kilku urządzeń (komputera, monitora, drukarki, skanera) może powodować powstawanie prądów upływowych o wartości kilku miliamperów. Zasilanie kilku takich stanowisk z jednego gniazda z jednego obwodu może spowodować powstanie prądów upływowych o większej wartości, co z kolei może spowodować wyzwalanie wyłączników różnicowoprądowych o wysokiej czułości.

• Prądy upływowe przejściowe:

Przepięcia łączeniowe w obwodach indukcyjnych, wyładowania elektrostatyczne, uderzenia pioruna to zjawiska chwilowe, na które włączniki różnicowoprądowe muszą być odporne.

• Obecność składowej prądu stałego:

Na skutek uszkodzenia w zasilaczach obwodów elektronicznych może dojść do wystąpienia prądu upływowego o składowej prądu stałego. Wówczas może dojść do zaniku ochrony realizowanej przez wyłączniki różnicowoprądowe. Ochrona w takim przypadku wymaga modyfikacji.

Proponowane rozwiązania

• Podwyższone prądy upływowe:

– należy podzielić i zabezpieczyć niezależnie obwody, aby ograniczyć ilość odbiorników w każdym z nich i zachować selektywność,
– należy stosować urządzenia o II klasie ochronności,
– należy zasilać urządzenia o wysokim ryzyku wystąpienia prądów upływowych przez transformator separacyjny.
Stosować wyłączniki różnicowoprądowe:
– krótkozwłoczne Hpi z powodu lepszego dostosowania charakterystyk wyzwoleń,
– należy stosować odstępstwa przy „zastosowaniach specjalnych" jedynie w ostateczności (patrz poprzednia strona).

• Prądy upływowe przejściowe:

– należy ograniczyć ich występowanie przez zapewnienie odpowiednich połączeń ekwipotencjalnych (patrz str. 145),
– należy stosować kable z uziemionymi żyłami ochronnymi, nawet jeśli żyła ochronna nie jest używana (np. przy zasilaniu urządzeń o II klasie ochronności),
– stosować wyłączniki różnicowoprądowe zwłoczne (typ S), które pozwalają na przepływ tych prądów podczas zwłoki czasowej lub stosować wyłączniki różnicowoprądowe krótkozwłoczne Hpi, które są odporne na udary prądowe (ograniczają liczbę wyzwoleń), zachowując przy tym optymalne bezpieczeństwo.

Wyłączniki różnicowoprądowe Hpi

– Przekładnik wykonany z ferromagnetycznego stopu nanokrystalicznego o wąskiej histerezie i dużej przenikalności magnetycznej umożliwia wykrywanie prądów upływowych ze składową prądu stałego.
– Warystor eliminuje wpływ zjawisk przejściowych (wyładowania atmosferyczne, przepięcia łączeniowe w sieci SN).
– Filtr łagodzi zakłócenia związane z podwyższoną częstotliwością prądu.
– Zwłoka czasowa 10 ms pozwala wyeliminować wpływ przepięć przejściowych (włączenia obciążeń indukcyjnych lub pojemnościowych, rozładowanie kondensatorów).

Wyłączniki różnicowoprądowe krótkozwłoczne Hpi:
– zapewniają zabezpieczenie osób,
– wykonują wyłączenie w czasie szybszym, niż przewiduje norma EN 61008-1, pomimo zwłoki czasowej 10 ms,
– działają w temperaturze otoczenia aż do -25°C,
– wykrywają prądy upływowe ze składową prądu stałego typu A,
– poprawnie pracują przy wyższych częstotliwościach (wyzwolenie w czasie do 300 ms przy częstotliwości 1 kHz),
– wykrywają prądy upływowe bez zakłóceń przez sygnały o wysokiej częstotliwości,
– są przeznaczone głównie do zabezpieczania obwodów gniazd dla stanowisk informatycznych,
– dzięki wysokiej odporności na prądy udarowe, zapobiegają utracie informacji związanych z nieprzewidzianymi wyłączeniami, nawet wtedy, gdy instalacja jest narażona na zakłócenia przejściowe i gdy liczba stanowisk jest duża.

Wyłącznik różnicowoprądowy typu A nr ref. 0091 41.

Blok różnicowoprądowy nr ref. 0075 85.

Wyłączniki różnicowoprądowe
(ciąg dalszy)

SELEKTYWNOŚĆ WYŁĄCZNIKÓW RÓŻNICOWOPRĄDOWYCH

Warunki koordynacji wyłączników różnicowoprądowych są określone przez normę IEC 60364-5-53.
Koordynacja ta przy zachowaniu maksymalnego bezpieczeństwa umożliwia podtrzymanie zasilania w tych częściach instalacji, które nie są objęte wystąpieniem ewentualnego uszkodzenia.
Zachowanie selektywności dwóch wyłączników różnicowoprądowych polega na tym, aby charakterystyka czasowo-prądowa aparatu znajdującego się powyżej w instalacji była wyżej od takiej samej charakterystyki aparatu znajdującego się poniżej.

Całkowita selektywność między aparatami poniżej (A) i powyżej (B).

Selektywność 2- i 3-poziomowa

W praktyce wyłącznik powyżej powinien mieć czułość od 2 do 3 razy mniejszą i czas wyłączenia Δt co najmniej 4 razy dłuższy od wyłącznika poniżej.
Przykład: Przy prądzie upływowym 1 A:
- wyłącznik poniżej: 30 mA krótkozwłoczny (wyzwolenie w czasie 20 ms),
- wyłącznik powyżej: 300 mA selektywny (wyzwolenie w czasie 80 ms).
Uwaga: Zwłoka powyżej 1 s nie jest dopuszczalna.

KONIECZNOŚĆ STOSOWANIA II KLASY OCHRONNOŚCI

Wykonanie instalacji w II klasie ochronności jest konieczne, gdy w niektórych częściach instalacji nie ma zabezpieczenia przed porażeniem przy dotyku pośrednim, np.:
- w rozdzielnicy odbiorczej w układzie sieci TT lub gdy wyłącznik główny nie ma funkcji różnicowoprądowej,
- w rozdzielnicach, gdzie obecność ochronnika w rozdzielnicy głównej może powodować wyzwolenie głównego zabezpieczenia różnicowoprądowego,
- w obwodach, w których charakterystyki czasowo-prądowe wyłączników różnicowoprądowych nie są dopasowane do rezystancji uziemienia miejscowego.

KONIECZNOŚĆ STOSOWANIA II KLASY OCHRONNOŚCI

Maksymalna wartość rezystancji uziemienia R (Ω) w zależności od prądu działania wyłącznika różnicowoprądowego (czas wyłączenia nie może przekraczać 1s).

$I_{\Delta n}$ wyłącznika różnicowoprądowego	R uziemienia (Ω) R_L: 50 V
30 mA	>500
100 mA	500
300 mA	167
500 mA	100
1 A	50
3 A	17

Instalacja musi być wykonana w II klasie ochronności do zacisków wyjściowych wyłączników różnicowoprądowych, które zapewniają skuteczne zabezpieczenie przed porażeniem przy dotyku pośrednim (charakterystyka czasowo-prądowa dostosowana do lokalnych warunków zabezpieczenia określonych przez dopuszczalne napięcie dotyku U_L i rezystancję R uziemienia).

Przykłady instalacji w II klasie ochronności

Wyłącznik główny bez funkcji różnicowoprądowej

Ochronnik umieszczony powyżej wyłącznika różnicowoprądowego

4 poziomy selektywności, z których dwa pierwsze wymagają wykonania instalacji w II klasie ochronności

Odejście główne do innej rozdzielnicy wykonanej w II klasie ochronności

Ochronniki przeciwprzepięciowe

Ochronniki przeciwprzepięciowe są podstawowym elementem zabezpieczenia współczesnej instalacji elektrycznej. Odpowiedni dobór ochronników i przestrzeganie zasad instalowania są warunkami koniecznymi, aby ochronnik działał w sposób skuteczny.

RODZAJE OCHRONNIKÓW PRZECIWPRZEPIĘCIOWYCH

Budowa ochronników opiera się na wykorzystaniu trzech rozwiązań technologicznych.

Ochronniki iskiernikowe z wyładowaniem powierzchniowym lub gazowe

Ochronniki te mają możliwość odprowadzania dużej energii i indukują małe zakłócenia pojemnościowe, ale ich czas reakcji jest zmienny (zależy od warunków atmosferycznych, rodzaju udaru), a prąd następczy osiąga dużą wartość. Są zwykle stosowane w sieciach energetycznych.

Ochronniki warystorowe

Warystor jest zbudowany na bazie tlenku cynku (ZnO), który ma właściwości silnie „nielinowe". Przy normalnym napięciu pracy rezystancja warystora jest bardzo wysoka, a prąd upływowy bardzo mały (<1 mA).
Gdy pojawia się przepięcie, wartość rezystancji gwałtownie maleje i znaczna część prądu zostaje odprowadzona, ograniczając w ten sposób przepięcie. Starzenie warystora następuje dosyć szybko (po kilku wyładowaniach atmosferycznych) i wówczas należy wymienić ochronnik.

Ochronniki półprzewodnikowe (diody Zenera, tyrystory)

Stosuje się je w instalacjach niskiego napięcia, liniach teleinformatycznych i w elektronice. Mają bardzo dobry czas reakcji, ale możliwości rozproszenia mocy są ograniczone. Stanowią dobre zabezpieczenie, uzupełniając działanie ochronników warystorowych.
Ochronniki produkcji Legrand instaluje się w rozdzielnicy głównej (zabezpieczenie pierwotne), w tablicach rozdzielczych (zabezpieczenie wtórne) i na poziomie użytkowym (zabezpieczenie użytkowe) w zależności od parametrów ochronnika.

Zasada pracy ochronników

Charakterystyki napięcie/czas zobrazowane na wykresach pokazują dwa sposoby działania, które uzależnione są od zastosowanej technologii ich wykonania.

■ Odcięcie napięcia

■ Ograniczanie napięcia

PARAMETRY I TYPY OCHRONNIKÓW

Rodzaj ochronnika określają dwa podstawowe pojęcia:
– zdolność odprowadzania energii,
– poziom ochrony.

Ochronniki można podzielić na trzy typy:

• **Typ 1** (klasa B) – ochronniki stosowane w budynkach, gdzie zamontowano również odgromnik. Ten typ ochronników charakteryzuje prąd odprowadzany o kształcie fali 10/350, która jest zbliżona do fali energii pochodzącej z wyładowania atmosferycznego. Takie ochronniki mają dobre właściwości odprowadzania energii, stosuje się je, aby zmniejszyć różnice potencjałów między systemem zabezpieczenia przed uderzeniem pioruna i instalacją elektryczną. W blokach mieszkalnych można stosować zamienne ochronniki typu 2, które umieszcza się na początku każdej instalacji. Ochronniki typu 1 charakteryzuje wartość I_{imp}.

• **Typ 2** (klasa C) – ochronniki do zastosowań ogólnych. Te ochronniki charakteryzuje prąd o kształcie fali 8/20. Ten rodzaj fali jest najbardziej zbliżony do fali prądu związanej z pośrednimi skutkami uderzenia pioruna.

• **Typ 3** (klasa D) – stosowany jako zabezpieczenie końcowe. Ochronniki te charakteryzuje fala złożona (napięciowa 1,2/50; prądowa 8/20) i wartość napięcia U_{oc}.

Parametry ochronników

■ **Poziom ochrony U_p wyrażony w kV**

Wartość tę określa poziom, do którego sprowadzone zostaje przepięcie podczas odprowadzania znamionowego prądu wyładowczego, np.: 1 – 1,2 – 1,5 – 1,8 – 2 – 2,5 kV.

■ **Maksymalny prąd wyładowczy I_{max}**

Jest to prąd o kształcie fali 8/20 µs, którego wartość wyrażana jest w kA. Ochronnik powinien go odprowadzić co najmniej jeden raz.

■ **Prąd znamionowy wyładowczy I_n**

Prąd wyładowczy (kA) stosowany przy testowaniu ochronników. Ochronnik powinien przejść taki test pozytywnie co najmniej 15 razy.

■ **Napięcie maksymalne pracy ciągłej U_c (V)**

Jest to wartość napięcia użytkowego ochronnika. Wartość ta musi być co najmniej równa maksymalnemu napięciu sieci.

■ **Prąd pracy ciągłej I_c**

Niewłaściwie zwany prądem upływowym. Jest to wartość prądu (mA) przy napięciu U_c, który przepływa przez ochronnik w czasie, gdy nie występuje żadne przepięcie.

■ **Napięcie szczątkowe U_{res}**

Wartość tę mierzy się na zaciskach ochronnika, który jest poddawany działaniu dowolnego prądu wyładowczego I. Dla każdej wartości prądu mniejszej od prądu znamionowego I_n wartość ta nigdy nie powinna przekroczyć wartości U_p.

Ochronniki przeciwprzepięciowe
(ciąg dalszy)

Ochronniki modułowe produkcji Legrand dzielą się na trzy rodzaje w zależności od poziomu odprowadzanego prądu I_{max}: wysoki poziom (70 kA), podwyższony poziom (40 kA), standardowy poziom (15 kA). Można je instalować w głównej części instalacji lub na poziomie dystrybucji i rozdziału.
Ochronnik typu monoblok jest wyposażony w zabezpieczenie przed przetężeniami i prądami zwarciowymi. Montuje się go bezpośrednio poniżej zabezpieczenia głównego w instalacjach mieszkaniowych i małych instalacjach pomieszczeń usługowych (patrz str. 407).
Ochronniki do gniazd są zwykle wbudowane w urządzenia (np. w osprzęt lub w przedłużacze).

Norma IEC 60364 zaleca, aby na początku instalacji zasilanej z sieci publicznej prąd znamionowy ochronnika I_n był ≥ 5 kA, a jego poziom ochrony U_p ≤ 2,5 kV. Bardziej zaostrzone kryteria zabezpieczenia mogą prowadzić do wyższych wartości prądu. Zabezpieczanie urządzeń kategorii I wykonuje się przez zastosowanie ochronników, których wartość U_p jest mniejsza od 1500 V.

< Nowy ochronnik typu monoblok z wbudowanym zabezpieczeniem przed przeciążeniami i zwarciami.

Rodzaje ochronników produkcji Legrand

Rodzaj ochronnika		Zdolność odprowadzania energii (I_{max})	Prąd znamionowy (I_n)	Poziom ochrony (U_p)
Ochronniki modułowe	Ochronnik współpracujący z odgromnikiem HL	12,5 kA (I_{imp})	20 kA	1,8 kV
	Wysoki poziom H	70 kA	20 kA	2 kV
	Podwyższony poziom E	40 kA	15 kA	1,4 kV i 1,8 kV(1)
	Poziom standardowy S	15 kA	5 kA	1,2 kV
	Typu monoblok z wbudowanym zabezpieczeniem SP	12 kA	10 kA	1,25 kV
Ochronniki do gniazd P	Do osprzętu Mosaic	3 kA	1,5 kA	1 kV
	W przedłużaczach	1 kV i 8 kA(1)	1,5 kV i 3 kA(1)	1,2 kV
Ochronniki do linii telefonicznych		10 kA	5 kA	100 V lub 260 V

(1) Zależnie od wykonania.

Parametry ochronników modułowych Legrand do instalacji elektrycznych

		Ochronnik współpracujący z odgromnikiem HL	Wysoki poziom H	Podwyższony poziom E		Standardowy poziom S	Ochronnik z wbudowanym zabezpieczeniem SP
Nr referencyjny		**0039 10**	**0039 20/21/22/23**	**0039 30/31/32/33**	**0039 35/36/38**	**0039 40/41/43**	**0039 51**
Rodzaj sieci		230/400 V					230 V
Układ sieci		TT, TN, IT			TT, TN		TT, TNS
Napięcie maksymalne w układzie stałym (U_c)		440 V			320 V		L-N: 275 V N-P: 255 V
Częstotliwość		50/60 Hz					
Typ		1	1/2	2	2	2	2/3
I_n	**(impuls 8/20 µs)**	20 kA	20 kA	15 kA	15 kA	5 kA	10 kA
I_{max}	**(impuls 8/20 µs)**	-	70 kA	40 kA	40 kA	15 kA	12 kA[1]
I_{imp}	**(impuls 10/350 µs)**	12,5 kA	10 kA	-	-	-	-
Poziom zabezpieczenia (U_p – I_n)	**Tryb wspólny (L-PE, N-PE)**	1,8 kV – 20 kA 1,3 kV – 5 kA	2 kV – 20 kA 1,5 kV – 5 kA	1,8 kV – 15 kA 1,3 kV – 5 kA	1,4 kV – 15 kA 1,2 kV – 5 kA	1,4 kV – 15 kA 1,3 kV – 5 kA	L-PE : 1,25 kV – 10 kA[1] N-PE : 1 kV – 15 kA[1]
	Tryb różnicowy (L-N)	-	-	-	-	-	1,2 kV – 10 kA[1]
Wytrzymałość na fale złożone (U_{oc})		-	-	-	-	-	20 kV
Wytrzymałość na okresowe przepięcia U_t		440 V			400 V		400 V
Aparaty dobezpieczające, (S 300, S 310 charakterystyka C)		40 A		20 A			wbudowane
Wytrzymałość na prądy zwarciowe I_{cc} (I_k) z wbudowanym zabezpieczeniem[2]		20 kA/260 V 4 kA/440 V			20 kA/260 V 4 kA/320 V		4,5 kA/275 V
Prąd szczątkowy przy U_c (I_{pe})		<1 mA					
Prąd następczy (I_f)		Zero					
Czas reakcji		25 ns					25/100 ns
Zaciski	**Drut**	25 mm²					16 mm²
	Linka + końcówka kablowa	16 mm²					10 mm²
Maksymalny prąd użytkowy obwodu		-					63 A
Stopień ochrony		IP20					
Temperatura pracy		od -10°C do +40°C					
Temperatura magazynowania		od -20°C do +70°C					

(1) Specyfikacje z 01/09/06.
(2) Więcej informacji na temat większych wartości prądu zwarciowego (I_k) lub dodatkowych zabezpieczeń znajduje się na str. 417.

Ochronniki przeciwprzepięciowe
(ciąg dalszy)

TRYB WSPÓLNY I TRYB RÓŻNICOWY

Przepięcia piorunowe należy rozpatrywać w dwóch trybach:
– w trybie wspólnym,
– w trybie różnicowym.
Przepięcia spowodowane przez piorun pojawiają się głównie w trybie wspólnym i najczęściej na początku instalacji elektrycznej.
Przepięcia w trybie różnicowym pojawiają się w układzie sieci TT i uszkadzają urządzenia o dużej czułości (elektroniczne, informatyczne).

Zabezpieczenie w trybie wspólnym między przewodami fazowym i neutralnym a uziemieniem

Zabezpieczenie w trybie różnicowym między przewodami fazowym a neutralnym

Zabezpieczenie w przewodach fazowych i neutralnym w układzie sieci TT jest uzasadnione wtedy, gdy przewód neutralny od strony dostawcy energii jest podłączony do uziemienia o niskiej wartości (kilku Ω, podczas gdy uziemienie instalacji wynosi kilkadziesiąt Ω).
Napięcie U w trybie różnicowym między przewodem fazowym i neutralnym może wzrosnąć do wartości równej sumie spadków napięć na każdym elemencie ochronnika lub do podwójnego poziomu ochrony w trybie wspólnym.

Podobne zjawisko może powstać w układzie sieci TN-S, jeśli przewody N i PE są oddzielone i nie zostały wykonane poprawnie połączenia ekwipotencjalne.
Teoretyczny model optymalnego zabezpieczenia stosowany dla wszystkich układów sieci można stworzyć, chociaż w rzeczywistości ochronniki są połączone z zabezpieczeniem w trybie wspólnym i z zabezpieczeniem w trybie różnicowym (z wyjątkiem układu IT lub TN-C).

Istotne jest sprawdzenie, czy zainstalowane ochronniki są dostosowane do układu sieci. Legrand dla wszystkich produkowanych przez siebie ochronników podaje informacje o zalecanym układzie sieci.

MIEJSCE OCHRONNIKÓW W INSTALACJI

Skuteczne zabezpieczenie odgromowe może wymagać zastosowania kombinacji kilku ochronników:
– ochronnika głównego ①,
– ochronnika obwodowego ②,
– ochronnika do gniazd ③.
Może okazać się konieczne wykonanie dodatkowych zabezpieczeń w zależności od wielkości instalacji (długości linii) i czułości ochranianych urządzeń (informatycznych lub elektronicznych).
W przypadku instalowania kilku ochronników należy stosować dokładne zasady dotyczące ich koordynacji (patrz str. 416).

Na następnych stronach proponujemy prostą, opartą na oszacowaniu ryzyka oraz skutków wyładowań atmosferycznych metodę, dzięki której można dobrze dobrać ochronniki i poprawnie umieścić je w instalacji.

Ogólną zasadą jest, że ochronnik gniazd należy montować tam, gdzie zastosowano ochronniki główne.

Ochronnik główny	Ochronnik na poziomie dystrybucji i zabezpieczenia	Ochronnik na poziomie użytkowym

Zabezpieczenie główne (pierwotne) instalacji umożliwia odprowadzenie do sieci ekwipotencjalnej i do uziemienia jak największej ilości energii (przepięcia w trybie wspólnym przeniesione przez sieć).

Zabezpieczenie obwodowe (wtórne) uzupełnia zabezpieczenie pierwotne przez skoordynowanie i ograniczenie przepięć w trybie różnicowym, które wynikają z konfiguracji samej instalacji (patrz poprzednia strona).

Zabezpieczenie gniazd (końcowe) ogranicza końcowe przepięcia w trybie różnicowym, które są najbardziej niebezpieczne dla urządzeń. Pomimo że zabezpieczenie jest najczęściej wbudowane w gniazdo, skuteczność zabezpieczenia w trybie wspólnym (przewód fazowy /uziemiający i przewód neutralny/uziemiający) jest zwykle ograniczona przez długość przewodów ochronnych.

Ochronniki przeciwprzepięciowe
(ciąg dalszy)

DOBÓR OCHRONNIKÓW

Poniżej podajemy kilka głównych zasad związanych z doborem:
– stosowanie ochronnika współpracującego z odgromnikiem (ochronnik HL) jest obowiązkowe w instalacji, w której zamontowano odgromnik,
– stosowanie ochronnika o wysokim poziomie (ochronnik H) lub o podwyższonym poziomie ochrony (ochronnik E) jest zalecane w przypadku podwyższonego ryzyka uderzenia pioruna,
– instalowanie ochronników o standardowym poziomie ochrony (ochronnik S) jest wymagane przez normę IEC 60364 i ma na celu zabezpieczanie urządzeń użytku domowego,
– ochronniki do gniazd (ochronniki P) są zalecane do zabezpieczania bardzo czułych urządzeń (np. informatycznych, elektronicznych itd.).
Opierając się na analizie ryzyka i wymaganiach normy IEC 60364, tabela doboru ochronników podana na stronie 407 umożliwia dobór numerów referencyjnych odpowiednich ochronników oraz odpowiednich aparatów do ich dobezpieczenia (zabezpieczenie w postaci wyłącznika lub bezpiecznika topikowego powyżej ochronnika: patrz str. 417).

W przypadku dużych instalacji rodzaj zalecanego zabezpieczenia można określać, stosując metody przedstawione na str. 408. Opierają się one na oszacowaniu ryzyka uderzenia pioruna w daną instalację w zależności od jej rodzaju i umiejscowienia. Na tej podstawie można dobrać odpowiednie ochronniki do zamontowania w rozdzielnicach w pobliżu urządzeń czułych na przepięcia.

Dokładną analizę można przeprowadzić zgodnie z normą EN 62305-2.

Główne zabezpieczenie instalacji umożliwia odprowadzenie największej ilości energii, ale nie wystarcza do zabezpieczenia całej instalacji, a zwłaszcza niektórych urządzeń, które wymagają zabezpieczenia miejscowego (patrz str. 418).

■ Gdy budynek nie jest zabezpieczony przez odgromnik, obowiązkowe jest instalowanie ochronników w budynkach zasilanych przez linie napowietrzne w strefach geograficznych sklasyfikowanych jako AQ2 (zaznaczonych na czerwono na mapie na str. 408) zgodnie z normą IEC 60364. Ten obowiązek dotyczy również instalacji, w których znajdują się czułe na przepięcia urządzenia.

■ Gdy budynek jest zabezpieczany przez odgromnik, obowiązkowe jest instalowanie ochronnika typu 1 na początku instalacji lub w przypadku bloków mieszkalnych – ochronnika typu 2 na początku każdej z instalacji (zgodnie z normą IEC 60364).

Przepisy dotyczące ochronników

■ Norma Europejska EN 61643-11
Charakteryzuje ochronniki typu 1 odpornością na udar o kształcie fali 10/350 µs i ochronniki typu 2 odpornością na udar o kształcie fali 8/20 µs.

■ Norma IEC 60364
Nakłada obowiązek instalowania ochronników w budynkach:
• wyposażonych w odgromnik ⇒ typ 1 – I_{imp}: 12,5 kA,
• zasilanych przez linię powietrzną w strefach geograficznych sklasyfikowanych jako AQ2 (zaznaczonych na czerwono na mapie na str. 408) ⇒ typ 2 – I_n ≥ 5 kA.
Gdy ochronnik jest zainstalowany w obwodzie wysokoprądowym, zaleca się zainstalowanie ochronnika spełniającego wymogi normy również na obwodach telekomunikacyjnych (linia telefoniczna).

Tabela doboru ochronników produkcji Legrand i ich dobezpieczeń

Instalacja bez odgromnika

Miejsce instalowania ochronników	Biegunowość instalacji	I_{cc} (I_k)	Pobierana moc		
			≤36 kVA[1] Wszystkie strefy	od 36 do 240 kVA Wszystkie strefy (przemysłowa, miejska, odgromnik w odległości <50 m)	>240 kVA Wszystkie strefy
Główna rozdzielnica nN	1P+N	4,5 kA	0039 51[2]	-	-
		10 kA	0039 41 + 0064 69	-	-
	3P	10 kA	-	-	0039 22 + 0064 92
		15 kA	-	-	0039 22 + 0069 44
		50 kA	-	-	0039 22 + 0071 33
		100 kA	-	-	0039 22 + 0216 04 + 0153 97 x 3
	3P+N lub 4P	10 kA	0039 43 + 0065 64	0039 23 + 0065 67	0039 23 + 065 67
		15 kA	-	0039 23 + 0070 04	0039 23 + 070 04
		50 kA	-	0039 23 + 0071 48	0039 23 + 071 48
		100 kA	-	-	0039 23 x 4 + 0216 01 x 4 + 0153 97 x 4 + 0216 96
+					
Rozdzielnice obwodowe	1P+N	10 kA	-	0039 40 + 0063 77	0039 30 + 0063 77
		25 kA	-	0039 40 + 0068 61	0039 30 + 0068 61
	3P	4,5 kA	-	0039 51[2]	-
		10 kA	-	0039 41 + 0064 69	0039 31 + 0064 69
		25 kA	-	0039 41 + 0069 21	0039 31 + 0069 21
	3P+N lub 4P	10 kA	-	0039 43 + 0065 64	0039 33 + 0065 64
		25 kA	-	0039 43 + 0070 01	0039 33 + 0070 01

Instalacja z odgromnikiem

Miejsce instalowania ochronników	Biegunowość instalacji	I_{cc} (I_k)	Pobierana moc			
			<36 kVA [1] Jedno zabezpieczene główne	<36 kVA [1] Kilka zabezpieczeń głównych	od 36 do 240 kVA Wszystkie strefy	>240 kVA Wszystkie strefy
Rozdzielnica główna lub abonencka nN	1P+N lub 2P	4,5 kA	-	0039 51[2]	-	-
		10 kA	0039 10 x 2 + 0064 72	0039 41 + 0064 69	-	-
	3P	10 kA	-	-	-	0039 10 x 3 + 0064 92
		15 kA	-	-	-	0039 10 x 3 + 0069 44
		50 kA	-	-	-	0039 10 x 3 + 0071 33
		100 kA	-	-	-	0039 10 x 3 + 0216 04 + 0153 97 x 3
	3P+N lub 4P	10 kA	0039 10 x 4 + 0065 67	0039 43 + 0065 64	0039 10 x 4 + 0065 67	0039 10 x 4 + 0065 67
		15 kA	-	-	0039 10 x 4 + 0070 04	0039 10 x 4 + 0070 04
		50 kA	-	-	0039 10 x 4 + 0071 48	0039 10 x 4 + 0071 48
		100 kA	-	-	-	0039 10 x 4 + 0216 01 x 4 + 0153 97 x 4 + 0216 96
+						
Rozdzielnice obwodowe	1P+N lub 2P	10 kA	-	-	0039 40 + 0063 77	0039 30 + 0063 77
		25 kA	-	-	0039 40 + 0068 61	0039 30 + 0068 61
	3P	10 kA	-	-	0039 41 + 0064 69	0039 31 + 0064 69
		25 kA	-	-	0039 41 + 0069 21	0039 31 + 0069 21
	3P+N lub 4P	10 kA	-	-	0039 43 + 0065 64	0039 33 + 0065 64
		25 kA	-	-	0039 43 + 0070 01	0039 33 + 0070 01

(1) W instalacjach, gdzie budynki są od siebie oddalone, zaleca się zabezpieczanie każdego budynku przez montaż odgromnika.
(2) Ochronnik z wbudowanym zabezpieczeniem przed przeciążeniem i zwarciem.

Ochronniki przeciwprzepięciowe
(ciąg dalszy)

Oszacowanie ryzyka

Oszacowanie ryzyka opiera się na analizie kilku kryteriów:
– prawdopodobieństwa występowania wyładowań atmosferycznych w danej strefie,
– sposobu rozprzestrzeniania się wyładowań atmosferycznych,
– topografii terenu,
– rodzaju zabezpieczanych urządzeń i ich wrażliwości na przepięcia,
– kosztów związanych z ewentualnymi uszkodzeniami.
Opierając się na tej analizie, metoda opracowana przez firmę Legrand umożliwia łatwe dobranie rodzaju zabezpieczenia.

Ryzyko uderzenia pioruna kwalifikuje się jako:
– standardowe (☆),
– podwyższone (☆☆),
– wysokie (☆☆☆).
Określa się je wg dwóch kryteriów:
– poziomu zagrożenia danego terenu (na podstawie mapy burzowej),
– rodzaju instalacji: umiejscowienia budynków, rodzaju sieci zasilającej, obecności odgromnika.

Mapa burzowa Polski

Mapa burzowa Polski (ilość dni burzowych w roku).

Ryzyko uderzenia pioruna (doboru należy dokonywać dla najbardziej niedogodnego kryterium)

Rodzaj instalacji		Gęstość uderzeń pioruna: ng < 1,5 wyładowania atm./km²/rok	1,5 < ng ≤ 2,5 wyładowania atm./km²/rok	ng > 2,5 wyładowania atm./km²/rok
Umiejscowienie budynku	Zabudowa gęsta		☆	☆☆
	Zabudowa rozproszona	☆	☆☆	☆☆
	W górach, blisko zbiorników wodnych	☆☆	☆☆☆	☆☆☆
Sieć zasilająca	Ziemna			☆
	Powietrzna	☆	☆	☆☆ (1)
	Powietrzna na końcu linii	☆	☆☆	☆☆☆ (1)
Obecność odgromnika		☆☆☆ (1)	☆☆☆ (1)	☆☆☆ (1)

(1) Ochrona przez ochronniki przeciwprzepięciowe zgodnie z normą EN 60364 jest obowiązkowa.

Zalecana ilość, rodzaj oraz umiejscowienie ochronników w zależności od poziomu zagrożenia, zabezpieczenia biernego instalacji i czułości urządzeń

Zabezpieczenie bierne instalacji	Ryzyko uderzenia pioruna ★			★★			★★★			Miejsce montażu ochronnika
Dobre		S	S	S	E	E	E/HL	E/HL	H/HL	Główny
								S	S	Obwodowy
			P			P			P	Końcowy
Średnie	S	S	E	E	E	E	E/HL	H/HL	H/HL	Główny
						S	S	S	E	Obwodowy
		P	P		P	P		P	P	Końcowy
Słabe	S	S	E	E	E	H	H/HL	H/HL	H/HL	Główny
			S	S	S	S	E	E	E	Obwodowy
		P	P		P	P		P	P	Końcowy
	Mało czułe	Czułe	Bardzo czułe	Mało czułe	Czułe	Bardzo czułe	Mało czułe	Czułe	Bardzo czułe	
	Czułość urządzeń									

HL Ochronnik odgromnika (obowiązkowe, gdy zamontowano odgromnik)

H Wysoka ochrona E Podwyżona ochrona S Ochrona standardowa (lub SP ochronnik typu monoblok z wbudowanym zabezpieczeniem)

P Ochronnik do gniazd

Powyższą tabelę należy traktować jako rodzaj instrukcji. Opiera się ona na takich danych, jak zabezpieczenie bierne instalacji lub spodziewana czułość urządzeń. Informacje na temat urządzeń są tu przedstawione na podstawie danych statystycznych szkód spowodowanych wyładowaniami atmosferycznymi.

Ryzyko uderzenia pioruna

Charakteryzuje ryzyko wystąpienia przepięć na początku instalacji, oznaczone jest przez ilość gwiazdek od 1 do 3. Poziom ten określa się na podstawie mapy burzowej (ilość wyładowań atm./km²/rok), położenia budynku, rodzaju sieci zasilania i obecności lub braku odgromnika (patrz tabela na stronie poprzedniej).

Zabezpieczenie bierne instalacji

Zabezpieczenie bierne instalacji jest określone przez jej budowę i konfigurację, jest związane z jej wielkością, poziomem ekwipotencjalności oraz separacją obwodów. Samo zabezpieczenie bierne daje słaby lub średni poziom ochrony (patrz str. 140).

Czułość urządzeń

Urządzenia zostały sklasyfikowane wg trzech kategorii:
– mało czułe (silniki, grzejniki itd.),
– czułe (sprzęt AGD, oświetlenie, urządzenia elektroniczne o dużej mocy),
– bardzo czułe (informatyczne, elektroniczne do sterowania, modemy, faksy, telefony itd.).
Tabela ze str. 138 pozwala na określenie poziomu dopuszczalnych przepięć aparatu w zależności od klasy aparatu (norma IEC 61000-4-5).

Przykład: W strefie ryzyka ★★, w przypadku instalacji, której zabezpieczenie bierne jest słabe (duża instalacja i słabe połączenia ekwipotencjalne) i która zawiera czułe urządzenia, zaleca się umieszczenie ochronnika o podwyższonym poziomie ochrony E na początku instalacji, ochronnika o standardowym poziomie ochrony S na początku danych obwodów i ochronnika do gniazd P w pobliżu czułych urządzeń.

Ochronniki przeciwprzepięciowe
(ciąg dalszy)

PODŁĄCZANIE OCHRONNIKÓW

Sieć mas lub uziemienie

Norma używa terminu „urządzenie uziemiające" dla ogólnego określenia pojęcia sieci ekwipotencjalnej i sieci uziemienia. Wartość uziemienia, zapewniana przy niskiej częstotliwości do ochrony osób, nie jest bezpośrednio powiązana ze skutecznością zabezpieczenia, jakie wymagają ochronniki. Jak pokazano dalej, można uzyskać takie zabezpieczenie nawet w przypadku braku uziemienia (patrz str. 257).
Impedancja obwodu, który odprowadza prąd z ochronnika, dzieli się na dwie części.
Pierwsza cześć, tj. uziemienie, składa się z przewodów i rezystancji gruntu.
Indukcyjny charakter sprawia, że skuteczność zmniejsza się razem z częstotliwością pomimo przestrzegania zaleceń dotyczących okablowania (ograniczenia długości, zasada 0,5 m).
Druga część tej impedancji jest mniej widoczna, ale jest ważna przy wysokiej częstotliwości, gdyż składa się z pojemności upływowych między instalacją a uziemieniem.
Oczywiście rzeczywiste wartości jednej i drugiej oraz ich komponentów różnią się w zależności od rodzaju i wielkości instalacji, od miejsca zamontowania ochronnika (w głównej części instalacji lub w pobliżu gniazd) oraz od układu sieci, ale jak pokazano, część prądu wyładowczego ochronnika może osiągnąć wartość od 50 do 90% w sieci ekwipotencjalnej, podczas gdy część bezpośrednio odprowadzona przez uziemienie wynosi od 10% do 50%.
Sieć mas jest podstawowym elementem, który służy do uzyskania niskiego potencjału instalacji. To właśnie do sieci mas należy podłączyć ochronniki, aby uzyskać jak najwyższą skuteczność.

Minimalny zalecany przekrój przewodów uwzględnia maksymalną wartość prądu wyładowczego i parametry urządzenia zabezpieczającego (wyłączniki nadprądowe S 310 – patrz str. 417). Zwiększanie przekroju przewodu do kompensacji długości połączeń bez przestrzegania reguły 0,5 m nie może być tu stosowane. Impedancja przewodów przy wysokiej częstotliwości jest bezpośrednio związana z ich długością (patrz str. 155).
W zestawach dużych rozdzielnic warto zmniejszyć impedancję połączeń, używając do tego celu metalowych mas (np. konstrukcji wsporczych, podstaw montażowych i samych obudów).

Minimalne przekroje przewodów do podłączeń ochronników

Stopień ochrony	Przekrój (mm²)
S/SP Standardowy: $I_{max} \leqslant 15$ kA	6
E Podwyższony: $I_{max} \leqslant 40$ kA	10
H Wysoki: $I_{max} \leqslant 70$ kA	16
HL Zabezpieczenie odgromnika	16

Zastosowanie metalowych mas jako przewodu ochronnego jest dopuszczone przez normę IEC 60431-1 i IEC 60364, pod warunkiem że taka rozdzielnica ma certyfikat prefabrykatora. Można również podłączyć ochronniki do obwodu ochronnego.
Wtedy należy jednak zdublować połączenie pomiędzy listwą przewodów ochronnych a masą obudowy.

Ciągłość mas w obudowach XL³, Altis, Atlantic produkcji Legrand umożliwia wykorzystywanie tych mas nie tylko jako przewodów PE, ale również do podłączeń ochronników. Należy pamiętać, że mimo zalet, takich jak łatwy dostęp i możliwość zachowania reguły 0,5 m, masy obudów XL³ mają impedancję przy wysokiej częstotliwości dużo mniejszą (indukcyjność <0,01 µH/m) niż impedancja przewodu. Zastosowanie mas do połączeń ekwipotencjalnych ochronników musi wiązać się oczywiście z przestrzeganiem zasad dotyczących konstrukcji i odpowiedniego wykonania takich połączeń (patrz str. 66).

^ Ochronnik o podwyższonym stopniu ochrony (40 kA) zamontowany w głównej części rozdzielnicy przemysłowej; płyta montażowa pełna (ze stali ocynkowanej) zapewnia połączenie ekwipotencjalne i podłączenie uziemienia.

< Aby zmniejszyć długość podłączenia, zabezpieczenie ochronnika zainstalowano w rzędzie górnym nad ochronnikiem.

< Zastosowanie szyny rozdzielczej umożliwia łatwe podłączenie ochronnika do zabezpieczania grupy obwodów.

Przewód uziemiający ochronnika nie powinien być w kolorze żółto-zielonym (zgodnie z definicją przewodu PE). Często jednak taki właśnie kolor jest stosowany.

Niektóre konfiguracje oprzewodowania mogą powodować sprzężenia między przewodami powyżej i poniżej ochronnika, co sprzyja rozprzestrzenianiu się fali pioruna w instalacji.

Przewody powyżej i poniżej podłączone do zacisku ochronnika.

Przewody podłączone do jednego zacisku, ale dobrze odseparowane (ochronnik obwodowy).

Przewód powrotny zacisku uziemiającego ochronnika w pobliżu przewodów wejściowych.

Przewody podłączeniowe ochronnika odseparowane i możliwie krótkie (ochronnik w rozdzielni głównej).

Ochronniki przeciwprzepięciowe
(ciąg dalszy)

Struktura siatki mas

Schemat przedstawiony na następnej stronie przedstawia ogólną strukturę instalacji, poszczególne poziomy między częścią zasilania a użytkową, poszczególne podłączenia do przewodów ochronnych, do mas i do uziemienia. Liczbę poziomów rozdziału ograniczono do 3. W praktyce może być ich więcej, ale zasada pozostaje identyczna. Należy zapamiętać, że nie ma zasadniczych różnic między strukturą sieci mas w dużej instalacji przemysłowej i w małej instalacji mieszkaniowej. Różnica polega jedynie na liczbie poziomów rozdziału, np. instalacja mieszkaniowa ma tylko jeden poziom rozdziału energii.
Poziom nazwany przyłączeniowym oznacza zarówno przyłączenie SN, jak i przyłączenie nN, gdyż różnica polega tylko na prawnej granicy własności, która nie ma wpływu na wygląd schematu elektrycznego. Natomiast ryzyko wyładowań atmosferycznych w przyłączu nN między transformatorem a głównym poziomem rozdziału może być różne w zależności od rodzaju tego przyłącza (mogą to być przewody o długości kilkuset metrów, często napowietrzne, z sieci publicznej lub też przewody krótkie i zabezpieczane w budynkach przemysłowych lub dużych budynkach usługowych).
Schemat przedstawiony na str. 413 pokazuje istnienie wielu połączeń z ziemią, czyli możliwych punktów wzrostu potencjału, który może spowodować wyładowanie atmosferyczne i którego ryzyko wystąpienia wzrasta wraz z zastosowaniem odgromników. Rozmieszczenie ochronników przeciwprzepięciowych na wszystkich poziomach instalacji jest więc tym bardziej zalecane.
Niektóre połączenia są nieobowiązkowe (np. połączenia ekwipotencjalne między rozdzielnicami) i dotyczą zarazem obwodów końcowych (gniazda) i obwodów, gdzie odbiornik jest podłączony na stałe.
W zależności od rodzaju (kompatybilność elektromagnetyczna), jakości i stopnia zużycia instalacji wykonuje się miejscowe połączenia ekwipotencjalne (zielona linia na schemacie) między każdą rozdzielnicą i przylegającymi masami. Połączenia te są wykonywane zawsze na poziomie rozdziału głównego, natomiast rzadko na poziomie rozdziału końcowego.
Celem przypomnienia, połączenia te są sprawą podstawową w przypadku kompatybilności elektromagnetycznej, oraz stanowią uzupełnienie funkcji realizowanej przez przewody ochronne (patrz rozdział: Zakłócenia elektromagnetyczne str. 142. Oprócz połączeń nieobowiązkowych występują również połączenia przypadkowe o lepszej lub gorszej jakości, ale są to również połączenia rzeczywiste, np. kontakt urządzeń z podłożem, zamocowanie urządzeń na korpusie maszyny, przez ekranowanie przewodów informatycznych lub mas urządzeń (potencjał 0) elektronicznych.
W praktyce, punkty wejść dla przepięć są bardzo liczne, zwłaszcza w przypadku dużych instalacji. W niektórych przypadkach odgromniki mogą zabezpieczać budynki, które mieszczą się z elektrycznego punktu widzenia na drugim poziomie rozdziału energii. Przepięcie, które powstaje punktowo na poziomie podłoża może się rozprzestrzenić na obwody końcowe.

Obwody użytkowe (gniazda, rozdzielnice obwodowe) mogą być zasilane bezpośrednio z rozdzielnicy głównej (główna rozdzielnica nN). Obwody te i aparaty podlegają większym oddziaływaniom (I_{cc}, U_{imp}) niż te, którym podlegają oddziaływaniu na poziomie końcowego rozdziału. W związku z tym należy je zabezpieczać.

Rozmieszczenie ochronników w instalacji w budynku przemysłowym lub usługowym

Rodzaj ochronnika	Z odgromnikiem	Bez odgromnika
1	Ewentualnie ochronnik przeciwprzepięciowy (w układzie sieci IT)	Ewentualnie ochronnik przeciwprzepięciowy (w układzie sieci IT)
2	Ochronnik współpracujący z odgromnikiem HL (typ 1)	Ochronnik[1] o wysokim poziomie zabezpieczenia H (typ1/typ2) lub ochronnik[1] o podwyższonym poziomie zabezpieczenia E (typ 2)
3	Ochronnik HC (typ 1) (jeśli instalacja odgromowa budynku jest odseparowana od zasilania w drugim poziomie rozdziału) H (typ 1/typ 2)	Ochronnik[1] o podwyższonym poziomie zabezpieczenia E (typ 2) lub ochronnik[1] o standardowym poziomie zabezpieczenia S (typ 2)
4	Ochronnik o podwyższonym poziomie zabezpieczenia E (typ 2)	Ochronnik[1] o standardowym poziomie zabezpieczenia S (typ 2)
5	Ochronnik o standardowym poziomie zabezpieczenia S (typ 2)	Ochronnik[2] o standardowym poziomie zabezpieczenia S (typ 2)
6	Ochronnik[2] do gniazd P	Ochronnik[2] do gniazd P
7	Ochronnik[2] wbudowany w odbiornik	Ochronnik[2] wbudowany w odbiornik

(1) Wszystkie rodzaje ochronników są dobierane w zależności od warunków danej instalacji, rodzajów obwodów i zabezpieczenia biernego instalacji (patrz str. 409).
(2) W zależności od czułości odbiorników

Ochronniki przeciwprzepięciowe
(ciąg dalszy)

Długość połączeń

W praktyce zaleca się, aby całkowita długość obwodu ochronnika nie przekraczała 50 cm.
Jest to łatwe do zrealizowania, a wykorzystanie dostępnych w pobliżu mas może pomóc spełnić to wymaganie.

Ilość uderzeń pioruna, które ochronnik jest w stanie wchłonąć maleje wraz z wartością prądu wyładowczego (do 20 zadziałań). Dlatego dobór tych wartości powinien uwzględniać prawdopodobne warunki natężeń i powtarzalność wyładowań atmosferycznych.

Wyposażenie pomocnicze do sygnalizacji o nr. ref. 0039 55/56/57/58, które montuje się przez zatrzask, umożliwia przekazanie informacji o stanie ochronnika przez zestyk przełączny.

Reguła 0,5 m

Teoretycznie w momencie uderzenia pioruna napięcie U_t odbiornika jest równe napięciu zabezpieczenia U_p ochronnika (w wyniku przepływu I_n), ale w praktyce jest ono wyższe.
W rzeczywistości dochodzą do tego jeszcze spadki napięcia spowodowane impedancjami przewodów przyłączeniowych ochronnika i jego zabezpieczenia:
$U_t = U_{l1} + U_d + U_{l2} + U_p + U_{l3}$
Na przykład: Spadek napięcia na 1 m przewodu, przez który przepływa prąd udarowy 10 kA w czasie 10 µs, osiągnie wartość 1000 V.

$\Delta u = L \times \frac{di}{dt}$
gdzie:
d_i: przyrost wartości prądu 10 000 A
d_t: przyrost czasu 10 µs
L: indukcyjność 1 m przewodu = 1 µH
Wartość spadku napięcia Δu będzie dodana do napięcia U_p.
Dlatego też całkowita długość L_t powinna być jak najkrótsza. W praktyce zaleca się, aby ta długość nie przekraczała 0,5 m. W przypadku trudności z zachowaniem takiej długości należy stosować przewody szerokie i płaskie (szyny zasilające izolowane).

ZABEZPIECZANE DŁUGOŚCI LINII

Przy projektowaniu zabezpieczenia odgromowego należy wziąć pod uwagę długości linii, które zasilają zabezpieczane odbiorniki.
W rzeczywistości znajdujące się powyżej pewnej długości napięcie na odbiorniku może – z powodu zjawiska rezonansu – znacznie przekroczyć napięcie graniczne.
Ryzyko wystąpienia rezonansu ma związek z parametrami instalacji (rodzajem przewodów, masami) i podwyższeniem potencjalnego przepięcia, które ma z kolei związek z wartością prądu udarowego.
Zasady dotyczące maksymalnych zalecanych długości opierają się na pewnym doświadczeniu, które można ująć w trzech kluczowych punktach:
– umiejscowienie ochronnika,
– struktura siatki mas,
– przekrój przewodu.

Maksymalne długości linii między ochronnikiem a zabezpieczanym odbiornikiem

Umiejscowienie ochronnika		W głównej części instalacji		Poza główną częścią instalacji	
Przekroje przewodów		Przewody (do użytku domowego)	Kable (przemysłowe)	Przewody (do użytku domowego)	Kable (przemysłowe)
Budowa siatki mas	**Przewód PE**	<10 m	10 m	<10 m(1)	20 m(1)
	Oczkowa/ ekwipotencjalna	10 m	20 m	20 m(1)	30 m(1)

(1) Jeśli odległość jest większa, należy stosować ochronnik końcowy.

Powyżej pewnej długości d obwód zabezpieczany przez ochronnik wejdzie w rezonans, gdy indukcyjność i pojemność będą równe: $\omega L = -\frac{1}{\omega C}$

Impedancja przewodu jest wówczas równa jego rezystancji.

Mimo że część prądu pochodzącego z wyładowania atmosferycznego zostaje wchłonięta przez ochronnik, w obwodzie pojawia się prąd szczątkowy impulsowy I. Spowodowany przez rezonans wzrost tego prądu objawia się znacznym podwyższeniem napięć U_d, U_c i U_{rm}.
W takich warunkach napięcie na odbiorniku może się podwoić.

C: pojemność obciążenia
L_d: indukcyjność linii zasilania
L_{rm}: indukcyjność siatki mas

Instalowanie ochronników nie wpływa ujemnie na ciągłość zasilania. Ochronniki powinno się instalować w głównej części instalacji domowej (w układzie sieci TT) razem z wyłącznikiem różnicowoprądowym zwłocznym typu S. Przy uderzeniach pioruna (>5 kA) może dojść do wyzwolenia wyłącznika różnicowoprądowego.

Ochronniki przeciwprzepięciowe
(ciąg dalszy)

KOORDYNACJA OCHRONNIKÓW PRZECIWPRZEPIĘCIOWYCH

Rozmieszczenie kilku ochronniów kaskadowo wymaga ich skoordynowania, aby każdy z nich przejmował w optymalny sposób energię i ograniczał rozprzestrzenianie się skutków wyładowania atmosferycznego w instalacji. Koordynacja między ochronnikami powinna być wykonywana na podstawie projektu.

Jeśli brak szczegółowych zaleceń, należy przyjąć odległość d1 (w metrach) co najmniej równą 1% różnicy między U_{p1} i U_{p2}.
Np.:
U_{p1} = 2,5 kV i U_{p2} =1,4 kV
U_{p1} = 1,4 kV i U_{p2} =1 kV
U_{p1} – U_{p2} = 1100 V => d1 = 11 m min.
U_{p1} – U_{p2} = 400 V => d1 = 4 m min.

Koordynacja ochronników

Poszczególne stopnie ochrony powinny być tak skoordynowane, aby całkowita pochłaniana przez nie energia (E1+E2) zastała podzielona między nimi zgodnie z wielkością przepływu prądu do ziemi. Zalecana odległość d1 umożliwia odsprzęganie ochronnika i dzięki temu unika się zbyt dużej ilości energii przechodzącej bezpośrednio do ochronnika drugiego, która mogłaby go zniszczyć. Jest to sytuacja, która w istocie zależy od charakterystyki poszczególnych ochronników.
Dwa identyczne ochronniki przeciwprzepięciowe (np. U_p = 2 kV i I_{max} = 70 kA) mogą być zainstalowane bez wymaganej odległości d1, energia będzie w tym przypadku podzielona mniej więcej równomiernie pomiędzy te dwa ochronniki. Ale dwa różne ochronniki (np. U_p = 2 kV i I_{max} = 70 kA oraz U_p = 1,2 kV i I_{max} = 15 kA) muszą być oddalone od siebie o co najmniej 8 m, aby uniknąć zbyt dużych obciążeń drugiego ochronnika.

< Produkowane przez Legrand dławiki odsprzęgające o nr. ref. 0039 62/63 stosuje się do koordynacji pracy dwóch ochronników w tej samej rozdzielnicy (do 63 A) bez uwzględniania odległości między nimi. Niezbędne jest zainstalowanie jednego dławika na jeden przewód czynny w zabezpieczanym obwodzie.

Minimalne odległości między ochronnikami

ZABEZPIECZANIE OCHRONNIKÓW

Obwód, który zasila ochronnik powinien być zabezpieczany przed zwarciami i przeciążeniami przez zastosowanie wyłącznika z zachowaniem selektywności.
Ta część instalacji, gdzie umieszczony jest ochronnik, musi być zabezpieczana przed skutkami przeciążeń i zwarć przez zastosowanie wyłącznika nadprądowego.

Zasady wykonywania instalacji

• Ochronnik z zabezpieczeniem zewnętrznym

(1) Układ sieci TT, sieć publiczna: wyłączniki typu 2.

• Ochronnik o nr. ref. 0039 51 z wbudowanym zabezpieczeniem

Po każdym uderzeniu pioruna prąd upływowy ochronnika powiększa się nieznacznie. Z czasem warystor ulega starzeniu i przegrzewa się. Wówczas zadziałanie zabezpieczenia polega na odłączeniu ochronnika, a wskaźnik zużycia lub zadziałanie styku pomocniczego sygnalizują ten stan. Wtedy należy wymienić moduł.
Po przekroczeniu maksymalnej wartości prądu upływowego ochronnik ulega całkowitemu zniszczeniu, powodując zwarcie. Dlatego zabezpieczenie przeciwzwarciowe i przeciążeniowe należy montować szeregowo powyżej ochronnika. Wyłączniki nadprądowe stosowane do zabezpieczania powinny być selektywne z zabezpieczeniem głównym (patrz schemat).
Zabezpieczenia, które spełniają wymogi normy EN 61643-11 i mogą zabezpieczać ochronniki, zostały podane w tabeli poniżej.

Zabezpieczanie ochronników

	TT	TN	IT
Standardowy poziom zabezpieczenia: 5/15 kA, ochronniki typu 2 U_c = 320 V	C 20 A(1)	C 20 A(1) F 125 A gG	
Podwyższony poziom zabezpieczenia: 5/40 kA, ochronniki typu 2 U_c = 320 V	C 20 A	C 20 A F 125 A gG	
Podwyższony poziom zabezpieczenia: 5/40 kA, ochronniki typu 2 U_c = 440 V	C 20 A	C 20 A F 125 A gG	C 20 A
Wysoki poziom zabezpieczenia: 20/70 kA, ochronniki typu 2 U_c = 440 V	C 40 A	C 40 A F 125 A gG	C 40 A
Ochronnik współpracujący z odgromnikiem 12,5 kA, typu 1 U_c = 440 V	C 40 A	C 40 A F 125 A gG	C 40 A

(1) Wyłączniki o odpowiednio dobranej zdolności zwarciowej.

Ochronniki przeciwprzepięciowe
(ciąg dalszy)

OCHRONNIKI DO GNIAZD

Zainstalowanie jednego ochronnika nie zapewnia maksymalnej skuteczności zabezpieczenia przeciwprzepięciowego. Dlatego Legrand zaleca łączenie kilku ochronników o różnych poziomach ochrony kaskadowo, od rozdzielnicy głównej do zabezpieczania konkretnych, czułych urządzeń. W ten sposób otrzymujemy skuteczną ochronę przeciwprzepięciową.

< Ochronnik z serii Mosaic o nr. ref. 0775 40 do zabezpieczania końcowego (gniazda wtykowe).

Główne parametry ochronników gniazd

Nr referencyjny		0503 69	0996 01/11/21	0908 90	0533 30/32	0744 65/66, 0842 42
U_c	Tryb różnicowy	250 V∿	250 V∿	250 V∿	250 V∿	250 V∿
	Tryb wspólny	400 V∿	400 V∿	-	400 V∿	-
I_{max}		3 kA	3 kA	4 kA	3 kA	3 kA
I_n		1,5 kA	1,5 kA	2 kA	1,5 kA	1,5 kA
Poziom ochrony						
U_p	Tryb różnicowy	1 kV	1 kV	1,2 kV	1 kV	1,2 kV
	Tryb wspólny	1,2 kV	1,5 kV	-	1,2 kV	-
U_{oc}		4 kV	3 kV	4 kV	3 kV	3 kV
Czas reakcji		25 ns				
Prąd upływowy		<1 mA				
Prąd następczy		Zero				

ZABEZPIECZANIE LINII TELEFONICZNYCH

Oprócz montażu ochronników w instalacji niskiego napięcia norma IEC 60364 zaleca również stosowanie ochronników w sieci telefonicznej i transmisji danych.

< Ochronniki produkcji Legrand o nr. ref. 0038 28 do linii analogowych i o nr. ref. 0038 29 do linii cyfrowych.

Parametry ochronników linii telefonicznych

Nr referencyjny	Analogowe 0038 28	Cyfrowe 0038 29
Napięcie znamionowe (U_n)	170 V	48 V
Maksymalny prąd wyładowczy (I_{max})	10 kA	
Poziom zabezpieczenia (U_p)	260 V	100 V
Przyłączalność zacisków (linka/drut)	od 0,5 do 2,5 mm²	
Stopień ochrony	IP20	
Temperatura pracy	od - 10°C do + 40°C	
Temperatura magazynowania	od - 20°C do + 70°C	

Jeśli instalacje elektryczne są podłączone do siatki mas, a masy są uziemione miejscowo, instalacje telefoniczne są najczęściej podłącza się do „oddalonego uziemienia", którego potencjał nie jest uzależniony od „uziemienia elektrycznego".

W chwili uderzenia pioruna pojawia się przepięcie między masami instalacji i liną telefoniczną, co powoduje pewne zagrożenie dla użytkownika telefonu. Zagrożenie pojawia się zresztą niezależnie od tego, czy piorun trafia w linię telefoniczną, czy w linię elektryczną.
W ekstremalnych przypadkach rozwiązanie polega na galwanicznym oddzieleniu instalacji telefonicznej (specjalne przekaźniki) lub zainstalowaniu specjalnych ochronników do linii telefonicznych, których zacisk uziemiający jest połączony z siatką mas instalacji.

Zasady wykonywania instalacji

■ **Linia analogowa z terminalem wewnętrznym**

■ **Linia analogowa lub cyfrowa z centralką telefoniczną**

• **Zabezpieczenie powyżej**

• **Zabezpieczenie poniżej**

> linia analogowa lub cyfrowa

> linia cyfrowa

Funkcje związane z eksploatacją rozdzielnic

Dokumentacja Techniczno-Ruchowa (DTR) rozdzielnic..... str. 422

Napędy silnikowe i przełączniki zasilania rezerwowego ..... str. 434

Rozłączanie i wyłączanie awaryjne, rozłączanie izolacyjne ..... str. 438

Jeżeli rozpatrujemy bezpieczeństwo użytkowania energii elektrycznej, to funkcje rozłączania i zabezpieczania są funkcjami podstawowymi.
Niemniej jednak w dzisiejszych instalacjach konieczne jest stosowanie dodatkowych środków, aby spełniać coraz wyższe wymogi w zakresie niezawodności, ciągłości działania, możliwości rozbudowy i bezpieczeństwa instalacji oraz zarządzania źródłami energii.

Wszelkie interwencje, przeglądy i naprawy muszą być wykonywane w sposób całkowicie bezpieczny, bez względu na wymogi ciągłości działania instalacji. Przeglądy i naprawy wykonuje się zgodnie ze szczegółowymi procedurami i wymagają one wykonania odpowiednich operacji: rozłączania, możliwości zakładania blokad oraz sygnalizacji (patrz str. 422).

Kod IS (wskaźnik serwisowania) może pomóc w określeniu kryteriów ciągłości działania, które są potrzebne do eksploatowania, serwisowania i rozbudowy rozdzielnic elektrycznych.
Różne wykonania i sposoby montażu aparatów DPX i DMX (wersje stacjonarne, gniazdowe, wysuwne), systemy rozdziału energii proponowane przez firmę Legrand (szyny rozdzielcze, system XL-Part) oraz poszczególne możliwości wykonywania separacji w rozdzielnicach XL³ pozwalają na ich wykonanie odpowiadające wszystkim kodom IS (od 111 do 333).

Wszystkie operacje związane z codzienną eksploatacją: załączanie, wyłączanie, przełączanie źródeł zasilania oraz pomiary są w coraz większym stopniu scentralizowane lub zautomatyzowane. W tym celu w rozdzielnicach coraz częściej stosuje się wyposażenie pomocnicze, które umożliwia wykonywanie zdalnego sterowania (wyzwalacze, napędy silnikowe itd.) oraz przekazywanie informacji o stanie urządzeń (patrz str. 434).

Z drugiej strony, normy i przepisy prawne nakazują stosowanie specjalnych układów wyłączania awaryjnego, aby zapewnić maksymalne bezpieczeństwo (patrz str. 438).

< Rozdzielnica XL³ 4000 z przełącznikiem zasilania rezerwowego.

Należy przewidzieć system wyłączania awaryjnego dla każdej części instalacji, w której może być konieczne sterowanie zasilaniem. Wyłącznik awaryjny ma na celu szybkie usunięcie zagrożenia, które nie zawsze jest pochodzenia elektrycznego.

Dokumentacja Techniczno-Ruchowa (DTR) rozdzielnic

Rozłączanie izolacyjne, przełączanie, kontrole i testy, czynności związane z serwisowaniem urządzeń to operacje, które powinny być wykonywane w taki sposób, aby zapewnić maksymalne bezpieczeństwo osób i mienia.
Wszelkie czynności z tym związane muszą być więc należycie wykonane.

WYŁĄCZANIE KONSERWACYJNE LUB SERWISOWE

Wyłączanie konserwacyjne lub serwisowe to dokładnie sprecyzowane czynności, które mają na celu zagwarantowanie bezpieczeństwa osób i instalacji. Umożliwiają one np. wykonywanie napraw na całości lub w części instalacji (lub urządzeń).
W tych operacjach można wyróżnić szereg istotnych czynności, które zostały opisane w dalszej części opracowania.

Separowanie

Separowanie polega na odłączeniu od napięcia wszystkich obwodów mocy, sterowania, kontrolnych i pomocniczych przez rodzaj rozłączenia zwany rozłączeniem z widoczną przerwą stykową.

Rozłączenie z widoczną przerwą stykową

Ten rodzaj rozłączenia można wykonać przez użycie rozłącznika izolacyjnego z widoczną przerwą stykową (Vistop, DPX-IS) lub przez aparat, który posiada odpowiednie odległości izolacyjne między stykami, a położenie styków jest jednoznaczne z położeniem dźwigni załączającej (np. DPX-I).

Rozłączanie izolacyjne / Widoczna przerwa stykowa

Informacja o stanie styków pokazana na ściance frontowej DPX jest powiązana z położeniem dźwigni załączającej.

Rozłączniki Vistop i DPX-IS wykonują rozłączanie izolacyjne z widoczną przerwą stykową. Manetkę można zablokować przy użyciu od 1 do 3 kłódek.

Blokowanie urządzeń

Blokowanie urządzeń można wykonać przy użyciu kłódki lub wkładki zamka z kluczem. Blokada taka zapobiega wykonywaniu jakiegokolwiek manewru na urządzeniu. Należy pamiętać, że klucze profilowane (kwadratowe, trójkątne) nie są przeznaczone do tego celu.

^ Blokowanie wyłącznika DPX 630 przy zastosowaniu akcesoriów o nr. ref. 0262 40 i kłódek o nr. ref. 0227 97.

Rozładowanie napięć

Operacja ta polega na rozładowaniu kondensatorów. Aby zapewnić maksymalne bezpieczeństwo, należy uziemić i zewrzeć przewody. Wykonywanie operacji rozładowywania jest obowiązkowe powyżej 500 V. Poniżej tej wartości rozładowywanie nie jest obowiązkowe (w sieci nN), chyba że istnieje ryzyko wystąpienia napięć indukowanych, efektów rozładowania (kondensatory lub linie o dużej długości), a także ryzyko powrotu zasilania.

Sprawdzanie napięcia

Sprawdzanie obecności napięcia powinno być wykonywane jak najbliżej miejsca naprawy, przy użyciu aparatu do „pomiaru obecności napięcia" oraz we wszystkich przewodach, w tym również w przewodzie neutralnym, a także między przewodem neutralnym i uziemieniem. Używanie mierników typu multimetr lub tester jest formalnie zabronione.

Sygnalizowanie

Sygnalizowanie to informowanie w sposób jasny, precyzyjny i ciągły, o tym że instalacja jest w trakcie konserwacji. Oznakowania strefowe mogą okazać się tu potrzebne.

Należy pamiętać, że w sieci nN (≤500 V) umieszczenie tablicy informacyjnej z napisem, który zabrania wykonywania jakichkolwiek manewrów na urządzeniu separacyjnym, jest konieczne, jeśli aparat nie został zablokowany przy użyciu kłódki lub zamka. Jeśli zablokowany kłódką rozłącznik nie jest widoczny z miejsca naprawy, to należy stosować tablicę informacyjną.

Identyfikacja

Właściwe oznakowanie aparatów i oprzewodowania umożliwia szybką lokalizację uszkodzenia i sprawne wykonanie interwencji. W związku z tym cała dokumentacja (schematy elektryczne, plany sytuacyjne, oznaczenia) powinna być dostępna i na bieżąco uaktualniana.

Dokumentacja Techniczno-Ruchowa (DTR) rozdzielnic (ciąg dalszy)

DEFINICJE (UŻYWANE SŁOWNICTWO)

Definicje

W sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach i instalacjach energetycznych obowiązuje rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 17.09.1999 r.

Urządzenie energetyczne

Należy przez to rozumieć urządzenia techniczne stosowane w procesach wytwarzania, przetwarzania, przesyłania i dystrybucji, magazynowania oraz użytkowania paliw i energii.

Instalacja energetyczna

Należy przez to rozumieć urządzenia energetyczne z układami połączeń między nimi.

Pomieszczenie lub teren ruchu energetycznego

Należy przez to rozumieć odpowiednio wydzielone pomieszczenie lub teren albo część pomieszczenia, terenu lub przestrzeni w budynkach bądź poza budynkami, w których zainstalowane są urządzenia energetyczne dostępne tylko dla upoważnionych osób.

Miejsce pracy

Należy przez to rozumieć odpowiednio przygotowane stanowisko pracy lub określoną strefę pracy w zakresie niezbędnym dla bezpiecznego wykonywania pracy przy urządzeniach i instalacjach energetycznych.

Instrukcja eksploatacji

Należy przez to rozumieć zatwierdzoną przez pracodawcę instrukcję określającą procedury i zasady wykonywania czynności niezbędnych przy eksploatacji urządzeń i instalacji energetycznych, opracowaną na podstawie odrębnych przepisów oraz dokumentacji producenta.

Świadectwo kwalifikacyjne

Należy przez to rozumieć świadectwo stwierdzające spełnienie przez daną osobę odpowiednich wymagań kwalifikacyjnych do wykonywania pracy na stanowisku dozoru lub eksploatacji w ustalonym zakresie (obsługi, konserwacji, napraw, kontrolno-pomiarowym, montażu dla określonych rodzajów urządzeń i instalacji energetycznych) uzyskane w trybie i na zasadach określonych w odrębnych przepisach.

Pracownicy uprawnieni

Należy przez to rozumieć pracowników posiadających sprawdzone i właściwe kwalifikacje w zakresie eksploatacji danego rodzaju urządzeń i instalacji energetycznych potwierdzone świadectwem kwalifikacyjnym.

Pracownicy upoważnieni

Należy przez to rozumieć pracowników, którzy w ramach swoich obowiązków służbowych lub na podstawie polecenia służbowego wykonują określone prace.

Zespół pracowników

Należy przez to rozumieć grupę pracowników, w której skład wchodzą co najmniej dwie osoby wykonujące pracę.

Zespół pracowników kwalifikowanych

Należy przez to rozumieć grupę pracowników, w której co najmniej połowa, lecz nie mniej niż dwie osoby, posiada ważne świadectwa kwalifikacyjne.

Urządzenia i instalacje energetyczne nieczynne

Należy przez to rozumieć urządzenia i instalacje energetyczne, do których za pomocą istniejących łączników i aparatury nie ma możliwości podania czynników stwarzających zagrożenie.

Urządzenia powszechnego użytku

Należy przez to rozumieć urządzenie energetyczne przeznaczone dla indywidualnych potrzeb ludności lub używane w gospodarstwach domowych.

Poleceniodawca

Należy przez to rozumieć pracownika upoważnionego pisemnie przez prowadzącego eksploatację urządzeń i instalacji energetycznych do wydawania poleceń na wykonanie pracy oraz posiadającego ważne świadectwo kwalifikacyjne na stanowisku dozoru.

Koordynujący

Należy przez to rozumieć wyznaczonego przez poleceniodawcę pracownika komórki organizacyjnej sprawującej dozór nad eksploatacją urządzeń i instalacji energetycznych, przy których będzie wykonywana praca, posiadającego ważne świadectwo kwalifikacyjne na stanowisku dozoru.

Dopuszczający

Należy przez to rozumieć wyznaczonego przez poleceniodawcę pracownika posiadającego ważne świadectwo kwalifikacyjne na stanowisku eksploatacji oraz upoważnionego pisemnie przez prowadzącego eksploatację urządzeń i instalacji energetycznych do wykonywania czynności łączeniowych w celu przygotowania miejsca pracy.

Nadzorujący

Należy przez to rozumieć wyznaczonego przez poleceniodawcę pracownika posiadającego ważne świadectwo kwalifikacyjne na stanowisku dozoru lub eksploatacji i wykonującego wyłącznie czynności nadzoru.

Kierujący zespołem pracowników

Należy przez to rozumieć wyznaczonego przez poleceniodawcę pracownika posiadającego ważne świadectwo kwalifikacyjne na stanowisku eksploatacji, kierującego zespołem pracowników.

Kierownik robót

Należy przez to rozumieć wyznaczonego przez poleceniodawcę pracownika, który posiada ważne świadectwo kwalifikacyjne na stanowisku dozoru, do koordynacji prac, gdy w jednym obiekcie energetycznym jednocześnie pracuje więcej niż jeden zespół pracowników.

Każde urządzenie i instalacja energetyczna przed dopuszczeniem do eksploatacji powinny posiadać wymagany odrębnymi przepisami certyfikat na znak bezpieczeństwa, o ile taki obowiązek istnieje, oraz deklarację zgodności z normami wprowadzonymi do obowiązkowego stosowania i wymaganiami określonymi odrębnymi przepisami.

Dokumentacja Techniczno-Ruchowa (DTR) rozdzielnic (ciąg dalszy)

Wykonywanie pracy

Prace ziemne

Przed przystąpieniem do robót ziemnych związanych z pracami przy urządzeniach i instalacjach energetycznych na terenie przyszłych robót należy rozpoznać i oznaczyć uzbrojenie podziemne, a w szczególności sieci elektroenergetyczne, telekomunikacyjne, cieplne, gazowe, wodne i inne.

Oznakowanie obiektów

Obiekty z zainstalowanymi urządzeniami i instalacjami energetycznymi oraz urządzenia i instalacje energetyczne powinny być oznakowane zgodnie z odrębnymi przepisami.

Dostępność do pomieszczeń ruchu energetycznego

Pomieszczenia lub teren ruchu energetycznego powinny być dostępne tylko dla osób upoważnionych.
Urządzenia i instalacje energetyczne stwarzające zagrożenia dla zdrowia i życia ludzkiego należy zabezpieczyć przed dostępem osób nieupoważnionych.
Urządzenia i instalacje energetyczne powinny być eksploatowane tylko przez upoważnionych pracowników z zachowaniem postanowień określonych w instrukcjach eksploatacji.
Prace rozruchowe, próby techniczne urządzeń i instalacji energetycznych powinny być prowadzone zgodnie z wymaganiami norm, odrębnych przepisów, instrukcji eksploatacji oraz uzgodnione z ich użytkownikiem.

Miejsce pracy

Miejsce pracy powinno być właściwie przygotowane, oznaczone i zabezpieczone w sposób określony w ogólnych przepisach bezpieczeństwa i higieny pracy.
W każdym miejscu pracy, w którym wykonuje pracę zespół pracowników, powinien być wyznaczony kierujący tym zespołem.
Urządzenia, instalacje energetyczne lub ich części, przy których będą prowadzone prace konserwacyjne, remontowe lub modernizacyjne, powinny być wyłączone z ruchu, pozbawione czynników stwarzających zagrożenia i skutecznie zabezpieczone przed ich przypadkowym uruchomieniem oraz oznakowane.
Jeżeli ruch urządzeń znajdujących się w pobliżu miejsca wykonywania prac lub w pobliżu miejsca instalowania urządzeń i instalacji energetycznych zagraża bezpieczeństwu pracowników, to urządzenia te powinny być na czas wykonywania tych prac wyłączone z ruchu.

Blokada przez zakładanie kłódek

Blokowanie urządzenia elektrycznego ma na celu uniemożliwienie wykonywania na nim manewrów.
Blokada taka powinna być mechaniczna i powinna uniemożliwić każdy rodzaj sterowania – nie tylko elektryczny, ale też elektroniczny, radiowy itp.
Blokada urządzenia powinna być sygnalizowana, np. przez wyświetlacz lub kontrolkę.

^ DPX 630 w wykonaniu wysuwnym, zablokowany przy użyciu kłódki.

Blokada przez zakładanie zamka

Bardzo często różne rodzaje blokad są stosowane razem w jednym urządzeniu:
– aby uporządkować sekwencje manewrów (kolejność sterowań),
– aby manewry były wykonywane niezależnie i zamiennie (np. w układach SZR),
– aby wymusić jednoczesne działanie kilku osób (podwyższony stopień bezpieczeństwa).
Wykonywanie blokad na urządzeniach ma zapewnić bezpieczeństwo osób i mienia oraz np. uniemożliwić dostęp do pomieszczeń SN przed wyłączeniem napięcia, uniemożliwić otwarcie lub zamknięcie rozłącznika, który jest obciążony, itd.
Gdy klucz otworzy pierwszy zamek, uwalnia blokadę w drugim zamku, który może być otwarty tym samym kluczem – mówimy wówczas o blokadzie z transferem klucza. Sekwencje blokowania mogą być realizowane z użyciem kilku kluczy. W takim wypadku: pierwszy, główny klucz odblokowuje drugi zamek, a drugi klucz trzeci zamek itd.

Główna zasada blokowania polega na uniwersalności klucza. Klucz może blokować jeden lub kilka zamków, ale jeden zamek nie może być blokowany przez kilka kluczy.

< Zamek do blokowania wyłącznika DPX 630 (wykonanie wysuwne).

Dokumentacja Techniczno-Ruchowa (DTR) rozdzielnic (ciąg dalszy)

TYPOWE SCHEMATY PROCEDUR BLOKOWANIA ZA POMOCĄ ZAMKÓW

We wszystkich przypadkach dobór wkładki zamka i pozycji bezpiecznego blokowania wymaga wcześniejszego zaprojektowania sekwencji blokowania, które stosuje się, aby dobrze określić potrzeby i rozpoznać związane z tym zagrożenia.
Blokada zwana „elektryczną" nie jest nigdy uznawana za wystarczającą. Jedynie blokady zwane „mechanicznymi" mogą zagwarantować pełne bezpieczeństwo (pod warunkiem że są dobrze wykonane).
Blokady oznacza się za pomocą rysunków. Niektóre z nich obrazują stan wkładki zamka (rygiel wsunięty lub wysunięty) bądź klucza (pozycja zblokowana lub otwarta). Używa się również schematów, ale poszczególne sekwencje powinny być wyjaśnione za pomocą szczegółowego opisu.

Symbole podstawowe	
Zestaw – mechanizm zamka	
Wkładka zamka z kluczem w pozycji otwartej	□
Wkładka zamka z kluczem w pozycji zamkniętej	■
Wkładka zamka z kluczem w pozycji zablokowanej, aparat zamknięty	◪
Wkładka zamka z kluczem w pozycji zablokowanej, aparat otwarty	◪

Symbole funkcji			
Blokada mechaniczna	– ▽ –	**Klucz dwustronny**	◁–•–▷
Zestaw – mechanizm zamka		**Brak klucza/rygiel wsunięty, możliwość manewrowania**	
Klucz zablokowany	●	**Brak klucza/rygiel wysunięty, manewrowanie zablokowane**	
Brak klucza	○	**Klucz odblokowany/rygiel wsunięty, możliwość manewrowania**	
Klucz w pozycji otwartej	∅	**Klucz odblokowany/rygiel wysunięty, manewrowanie zablokowane**	
Pozycja klucza: – wsunięty – wysunięty	↑ wsunięty ↓ wysunięty	**Klucz zablokowany/rygiel wsunięty, możliwość manewrowania**	
Zamek na drzwiach	⊔	**Klucz zablokowany/rygiel wysunięty, manewrowanie zablokowane**	

Przykład 1: Blokada między rozłącznikiem uziemiającym, rozłącznikiem SN i drzwiami komory

Sekwencje blokowania:
- **Otwarcie rozłącznika I.**
- **Klucz odblokowany.**
- **Przejście klucza A na rozłącznik S.**
- **Zamknięcie rozłącznika S.**
- **Klucz B odblokowany.**
- **Otwarcie drzwi komory kluczem B.**
- **Klucz B zablokowany.**

Przykład 2: Blokada komór w sieci pierścieniowej SN

Procedura ta ma na celu uniemożliwienie manewru zamknięcia rozłączników uziemiających, gdy komora jest zasilana powyżej lub poniżej.

Działająca instalacja.
Uwaga: Rozłączniki I i rozłączniki uziemiające T są sprzężone mechanicznie.

Sekwencje blokowania:
- **Otwarcie rozłącznika I_1,.**
- **Zablokowanie rozłącznika I_1 i odblokowanie klucza A.**
- **Otwarcie rozłącznika I_2.**
- **Zablokowanie rozłącznika I_2 i odblokowanie klucza B,**
- **Odblokowanie rozłącznika uziemiającego T_2 przy pomocy klucza A.**
- **Zamknięcie rozłącznika uziemiającego T_2.**
- **Klucz A jest zablokowany.**
- **Odblokowanie rozłącznika uziemiającego T_1 przy pomocy klucza B.**
- **Zamknięcie rozłącznika uziemiającego T_1.**
- **Klucz B jest zablokowany.**

Dokumentacja Techniczno-Ruchowa (DTR) rozdzielnic (ciąg dalszy)

Przykład 3: Blokowanie stacji SN/Trafo/nN (symbole funkcji)

Ten system blokad jest stosowany w stacjach transformatorowych z licznikiem w części nN.
Jest to jedno z najczęściej stosowanych rozwiązań, daje ono dostęp do zacisków transformatora po:
– otwarciu i zablokowaniu wyłącznika nN,
– otwarciu i zablokowaniu komory nN,
– uziemieniu oddzielnego zasilania SN.

W stanie pracy:
– Wyłącznik nN jest zamknięty.
– Klucz O jest zablokowany.
– Komora SN jest zamknięta.
– Brak dostępu do zacisków transformatora.

Sekwencje blokowania:
– Otwarcie i wysunięcie wyłącznika nN.
– Klucz O jest odblokowany.
– Przeniesienie klucza O do zamka blokującego komorę SN.
– Otwarcie rozłącznika SN i zamknięcie rozłącznika uziemiającego przez sprzężenie mechaniczne. Operacja ta jest możliwa przez przeniesienie klucza, jak w przykładzie 1.
– Klucz O zostaje zablokowany.
– Osłona komory może zostać otwarta.
– Można zabrać klucz S.
– Możliwy dostęp do zacisków transformatora.
– Klucz S zostaje zablokowany.

Przykład 4: Zakładanie blokady na przełączniku zasilania rezerwowego nN

Załączenie zasilania rezerwowego instalacji może być wykonywane tylko wtedy, gdy istnieje pewność, że zasilanie podstawowe jest odłączone.
Gdy nie można umieścić obu aparatów obok siebie (tzn. na podstawach SZR z wbudowanym mechanizmem blokady) lub gdy aparaty są różnego typu (np. moc zasilania awaryjnego jest mniejsza), należy zastosować rozłącznik z blokadą na klucz.
Przy działaniu standardowym: zasilanie przez transformator, wyłącznik I jest zamknięty, a klucz A jest zablokowany.
Przy działaniu awaryjnym: wyłącznik I jest otwarty, zamek jest odblokowany i klucz A jest zablokowany.
Klucz A zostaje przeniesiony do zamka na wyłączniku G, który jest zamknięty.
Klucz A jest zablokowany.

Przykład 5: Zakładanie blokady na przełączniku zasilania rezerwowego i na stacji SN

Wyłącznik wysuwny jest wyposażony wówczas w dwa zamki.
Przy działaniu standardowym: wyłącznik I jest zamknięty, a klucze A i B są zablokowane.
Otwarcie wyłącznika uwalnia klucze A i B. Klucz A zostaje przeniesiony na komorę SN powyżej (patrz przykład 2).
Klucz B jest przeniesiony na źródło zastępcze (patrz przykład 4).
Blokada między źródłem zasilania zastępczego (wyłącznik G) może być połączona z komorą SN (drugi zamek).

Dokumentacja Techniczno-Ruchowa (DTR) rozdzielnic (ciąg dalszy)

WYKONYWANIE NAPRAW APARATÓW

Wyłączniki mocy (aparaty spełniające funkcje wyłączania i zabezpieczania) dzielą się na trzy grupy: aparaty stacjonarne, gniazdowe i wysuwne.

Aparaty stacjonarne

Nie można wykonywać podłączeń ani rozłączeń, gdy aparat znajduje się pod napięciem (przyłączanie jest realizowane bezpośrednio do zacisków aparatu). Zwykle montowanie i demontowanie takich aparatów wymaga pewnego czasu i stosowania narzędzi.
Zwykle opisuje się ten typ aparatu literą F (od *fixed parts*).
Aparaty takie wymagają instalowania odpowiedniego urządzenia rozłączającego w instalacji powyżej.

Aparaty gniazdowe

Aparaty gniazdowe (zwane też wtykowymi) można zakładać i wyjmować z gniazda bez konieczności wyłączania napięcia w obwodzie. Odłączanie i przyłączanie można wykonywać tylko wtedy, gdy aparat jest otwarty.
W przeciwnym wypadku następuje jego automatyczne rozłączenie. Aparaty gniazdowe mogą wykonywać rozłączanie izolacyjne, ale najczęściej są stosowane z powodu łatwości wymiany, która sprzyja serwisowaniu. Ten rodzaj aparatów jest oznaczany literą D (od *deconnectable parts*).

Aparaty wysuwne

Poza zaletami, które oferują również aparaty gniazdowe (łatwość wymiany i rozłączanie z widoczną przerwą stykową), aparaty wysuwne umożliwiają dzięki odpowiedniemu mechanizmowi również wykonywanie przyłączania i odłączania. Umożliwiają one również wykonywanie testów i pomiarów, zachowując przy tym ciągłość pracy obwodów pomocniczych, a wyłączając zasilanie tylko na obwodach głównych, można też wizualizować stan tych obwodów, a także stosować różne systemy blokad (kłódki, zamki).

Stan obwodów dla poszczególnych pozycji aparatów DPX w wersji wysuwnej.

Rodzaje obwodów	Aparat w pozycji przyłączony	Aparat w pozycji test	Aparat w pozycji rozłączony	Aparat wysunięty
Główne			○	○
Pomocnicze			○	○

Przyłączony: Otwarty: Rozłączony: ○

< Wyłącznik DPX w wersji gniazdowej, zamontowany na podstawie z przyłączeniem tylnym.

DPX 1600 > w wersji wysuwnej.

Szyny zasilające

Wszystkie interwencje na szynach zasilających wymagają zawsze odłączenia napięcia od strony źródła zasilania. Zastosowanie podstawowej separacji (typu 2) zabezpiecza przed wypadkami przy pracy. Separacja typu 3 i 4 połączona z zastosowaniem aparatów w wykonaniu gniazdowym lub wysuwnym umożliwia bezpieczny dostęp do poszczególnych odpływów, bez konieczności wyłączania całej instalacji.

< Separacja typu 4b w rozdzielnicy XL³.

Kod IS

Kod IS to trzycyfrowy kod, który kwalifikuje dostęp do rozdzielnicy elektrycznej w przypadku przeglądów, napraw lub konieczności rozbudowy. Gdy rozdzielnica otrzymuje dany kod IS, dotyczy on rozwiązań zarówno w zakresie aparatury, jak i obudów. Jeden rodzaj IS może być przyznany dla wielu różnych rozwiązań.
Należy pamiętać, że system XL-Part firmy Legrand jest doskonale dopasowany do kodowania IS; umożliwia wykonywanie bezpiecznych interwencji na każdym aparacie i daje możliwość wcześniejszego zamontowania podstaw, a nawet okablowania podstaw pod aparaty, które będą potrzebne do dalszej rozbudowy rozdzielnicy.
Rozwiązania firmy Legrand przy wykonywaniu zespołów rozdzielnic (XL³, DMX, DPX, S 300) dają możliwość uzyskania wysokiego kodu IS dla gotowej rozdzielnicy, szczególnie po zastosowaniu sytemu XL-Part lub poszczególnych typów separacji w rozdzielnicach.

Kody IS dotyczą zestawów rozdzielnic o dużej mocy. Nie są objęte normą i stosuje się je razem z normą EN 60439-1.
Kod IS to rodzaj porozumienia między producentem/prefabrykatorem rozdzielnicy a użytkownikiem. Aby uniknąć przeszacowania kosztów, należy określać IS rozdzielnicy w stosunku do rzeczywistych potrzeb instalacji.

Napędy silnikowe i przełączniki zasilania rezerwowego

Napędy silnikowe znajdują zastosowanie we wszystkich układach automatycznego sterowania w rozdzielnicach oraz przy rozwiązaniach wyłączeń awaryjnych. Umożliwiają zdalne sterowanie obwodami zasilania i obwodami odbiorczymi. Jednym z głównych zastosowań napędów silnikowych jest automatyczne przełączanie zasilania rezerwowego.

NAPĘDY SILNIKOWE

Napędy silnikowe sterują zdalnie następującymi funkcjami: załączanie, wyłączanie, ponowne zazbrajanie.
W zależności od potrzeb stosuje się je w układach sterowania elektrycznego.
W układach ze sterowaniem bezpośrednim działanie napędu silnikowego nie jest natychmiastowe i każda zmiana stanu trwa do kilku sekund. W związku z tym napędy silnikowe stosuje się częściej w układach automatyki, gdzie czas wykonania poszczególnych operacji jest brany pod uwagę.
Odradza się stosowanie napędów silnikowych do funkcji wyłączania awaryjnego.
Przykłady schematów realizacji wyłączeń awaryjnych podane są na stronach 441 i 443.
Układy z zastosowaniem wyposażenia pomocniczego do sterowania można stosować w każdym przypadku. Umożliwiają one wykonywanie wielu manewrów, gwarantując przy tym podwyższony stopień bezpieczeństwa (wyzwalacze podnapięciowe).

^ Napędy silnikowe do DPX można instalować podczas prefabrykacji rozdzielnicy lub po jej zainstalowaniu w miejscu użytkowania (na okablowanych wyłącznikach).

Napędy silnikowe do DMX
(więcej informacji na str. 331).

Napędy silnikowe do DPX
(więcej informacji na str. 348).

Napędy silnikowe do S 300
(więcej informacji na str. 364).

PRZEŁĄCZNIKI ZASILANIA REZERWOWEGO

Przełączanie zasilania rezerwowego spełnia dwie istotne funkcje: zapewnia ciągłość działania instalacji oraz zwiększa bezpieczeństwo.
Przełączniki zasilania rezerwowego są zwykle stosowane w szpitalach, w budynkach użyteczności publicznej, w fabrykach, w obiektach wojskowych i na lotniskach.
Również są stosowane w telekomunikacji i centrach przetwarzania danych oraz w zarządzaniu źródłami energii, zwłaszcza tymi, które określa się mianem „odnawialne".
Przełączniki zasilania rezerwowego spełniają następujące zadania:
- wykonują przełączenie z głównego źródła (źródło podstawowe) zasilania na źródło zastępcze (rezerwowe), aby zapewnić ciągłość działania,
- wykonują przełączanie z podstawowego źródła zasilania na źródło rezerwowe, co ma na celu zarządzanie źródłami energii (oszczędność energii przez korzystanie z innych źródeł),
- zarządzają działaniem źródła awaryjnego przy zasilaniu obwodów awaryjnych.

Nie należy mylić systemu automatycznego przełączania źródeł zasilania z zasilaniem bezprzerwowym (UPS).

Przełącznik zasilania rezerwowego gwarantuje ciągłość eksploatacji dzięki wykonywaniu przełączeń na zastępcze źródło zasilania w przypadku awarii źródła podstawowego. Taki rodzaj przełączenia jest bezpieczny dzięki stosowaniu blokady mechanicznej i elektrycznej. Przełączniki zasilania rezerwowego można podzielić na trzy grupy, w zależności od stopnia zautomatyzowania działania.
• Układ przełączania ręcznego: jednoczesne zamknięcie obu aparatów nie jest możliwe dzięki działaniu blokady mechanicznej wbudowanej w podstawę montażową aparatów. Zamknięcie jednego aparatu nie jest możliwe, gdy drugi jest zamknięty.
• Układ przełączania zdalnie sterowanego: aparaty są wyposażone w napędy silnikowe oraz są zdalnie zamykane i otwierane. Schematy elektryczne i automatykę sterowania można wykonywać w zależności od konkretnych potrzeb.
• Układ przełączania automatycznego: przełączanie jest wykonywane przez sterownik. Przełączanie do źródła zastępczego jest wykonywane automatycznie w przypadku zaniku zasilania na źródle podstawowym i na odwrót.

< Rozdzielnica XL³ 4000 z zamontowanym przełącznikiem zasilania rezerwowego (wyłączniki DMX).

Napędy silnikowe i przełączniki zasilania rezerwowego (ciąg dalszy)

Przełączniki zasilania rezerwowego produkcji Legrand są produkowane w trzech rodzajach (ręczny, zdalnie sterowany i automatyczny) przy zastosowaniu aparatów DPX 160, 250 ER, 250, 630, 1600 i DMX 2500, 4000, wyłączników i rozłączników, w wykonaniach stacjonarnym i wysuwnym.
Podobnie jak w przypadku napędów silnikowych przełączanie zasilania można wykonywać na dwa sposoby:
– bez stosowania wyzwalaczy, co ułatwia wykonywanie oprzewodowania, ale wydłuża czas przełączenia (o kilka sekund),
– przy zastosowaniu wyzwalaczy podnapięciowych, które montuje się w urządzeniach, co zapewnia wykonanie prawie natychmiastowego przełączenia.

W praktyce wyłączanie awaryjne na bazie aparatów przełączających można wykonać, stosując drugą metodę.

^ Przełącznik zasilania rezerwowego DPX z zamontowanymi napędami silnikowymi.

STEROWNIK DO UKŁADÓW SZR

Sterownik firmy Legrand o nr. ref. 0261 93 zarządza automatycznym przełączaniem dwóch źródeł zasilania. Sterownik jest kontrolowany przez mikroprocesor i ma możliwość programowania. Można ustawiać na nim wszystkie parametry: wartości progów napięcia, czas przełączenia, uruchomienie zespołu prądotwórczego itd. Wyświetlacz cyfrowy i kontrolki LED na przedniej ściance umożliwiają stałą wizualizację stanu przełącznika oraz obecności i wartości napięć na każdym ze źródeł. Sterownik o nr. ref. 0261 94 ma takie same funkcje, a oprócz tego można go zdalnie kontrolować z poziomu komputera podłączonego do portu komunikacyjnego sterownika.

Tablica sterownicza układu > przełączania zasilania ze sterownikiem o nr. ref. 0261 93.

Panel czołowy sterownika zasilania rezerwowego

Przykładowy algorytm działania automatycznego przełącznika zasilania rezerwowego

Rozłączanie i wyłączanie awaryjne, rozłączanie izolacyjne

Funkcje awaryjne mają na celu jak najszybsze usunięcie zagrożenia, które pojawia się niespodziewanie. Rozłączanie awaryjne ma na celu odcięcie energii elektrycznej, natomiast wyłączanie awaryjne uwzględnia zagrożenia powodowane przez mechanizmy w trakcie pracy maszyny.

ROZŁĄCZANIE AWARYJNE

Funkcje rozłączania awaryjnego stosuje się zwykle w instalacjach, gdzie należy w szczególny sposób zapobiegać awariom lub ryzyku chwilowego zaniku napięcia elektrycznego: w laboratoriach, kotłowniach, kuchniach, w pompowniach cieczy łatwopalnych.
Rozłącznik awaryjny powinien odcinać/odłączać wszystkie przewody czynne (w tym przewód neutralny, ale nie powinien odcinać przewodów PE lub PEN).
Rozłączanie powinno następować po wykonaniu jednego manewru.

Instalowanie rozłącznika awaryjnego

Zgodnie z ogólną zasadą rozłącznik awaryjny powinien znajdować się na tym samym poziomie lub w bliskiej odległości co aparat (aparaty), który ma rozłączać.
Musi być łatwo rozpoznawalny przez użytkowników lub przez straż pożarną.
Urządzenia sterownicze, które spełniają funkcję załącz/wyłącz (np. rozłączniki, styczniki, wyłączniki) mogą pełnić funkcję rozłącznika awaryjnego, jeśli spełnią określone warunki.
Należy pamiętać, że w takim przypadku rozłączanie obwodów jednofazowych (L+N) końcowych jest możliwe przy zastosowaniu aparatu jednobiegunowego. Dotyczy to głównie obwodów oświetlenia.
Rozłącznik awaryjny można przenieść do rozdzielni obwodowej, która zasila wszystkie miejscowe obwody, pod warunkiem że jest łatwo dostępny i rozpoznawalny i że jest zainstalowany w miejscu, gdzie może powstać zagrożenie.

Takie rozwiązanie ma na celu uniknięcie przypadkowych rozłączeń, dlatego dostęp do rozłącznika jest ograniczony (np. w budynkach użyteczności publicznej).
Uwaga: Jeśli drzwi rozdzielnicy są zamykane na klucz, konieczne jest wówczas wyprowadzenie sterowania rozłącznika awaryjnego na drzwi rozdzielnicy.
W instalacjach, dotyczy to szczególnie mieszkań, pracowni, sklepów, biur (lub pomieszczeń o podobnym charakterze i powierzchni poniżej 500 m^2), wyłącznik główny zamontowany na początku instalacji spełnia funkcję rozłącznika awaryjnego, pod warunkiem że jest łatwo dostępny.

Aby zapewnić bezpieczeństwo maszyn...

...rozłączniki awaryjne opisuje norma EN 60204-1 (manetka do sterowania w kolorze czerwonym, na żółtym tle).

Jeśli konieczne jest, aby rozłącznik awaryjny znajdował się w miejscu ogólnie dostępnym (z uwagi na niebezpieczeństwo), można stosować rozłączniki awaryjne z szybką, którą rozbija się w razie niebezpieczeństwa. Elementem napędowym tych rozłączników może być przycisk grzybkowy z blokadą kluczem lub bez tej blokady.

W przypadku niektórych pomieszczeń lub urządzeń (kotłownie, kuchenki elektryczne, duże kuchnie) rozłącznik awaryjny powinien być wyposażony w:
– wyzwalacz podnapięciowy (zwiększone bezpieczeństwo),
– wskaźnik stanu otwarty/zamknięty (lampki sygnalizacyjne), co wizualizuje jego stan.
Można również stosować oddzielnie rozłączniki awaryjne dla obwodu oświetlenia i oddzielne dla innych obwodów (np. ogrzewania).
Rozłącznik awaryjny powinien mieć możliwość blokowania w pozycji „wyłączony". Jeśli tak nie jest, jego odblokowywanie i przywracanie zasilania powinno być wykonywane przez tę samą osobę. Zaleca się więc, aby obydwie te operacje wykonywać z dwóch położonych obok siebie i nawzajem widocznych miejsc.

Zapewnienie bezpieczeństwa osób nakłada konieczność instalowania rozłączników awaryjnych we wszystkich obwodach, ale zezwala również na jednoczesne sterowanie kilkoma obwodami i przeniesienie tego sterownia do rozdzielnic.
Ważna jest dostępność urządzeń awaryjnych dla straży pożarnej oraz typy aparatów, które stosuje się do realizacji tej funkcji.

Wyłącznik awaryjny z blokadą na klucz.

Rozłączanie i wyłączanie awaryjne, rozłączanie izolacyjne
(ciąg dalszy)

Do sterowania bezpośredniego rozłączeniem awaryjnym można używać wszystkich aparatów rozłączających z gamy wyłączników S 300, DPX, DMX i rozłączników FRX 300, DPX-I, DPX-IS, Vistop.

Do sterowania wyłączaniem awaryjnym z wyprowadzeniem na zewnątrz rozdzielnicy (jeśli wyłącznik jest zamknięty w obudowie) można stosować aparaty Vistop, DPX-IS i DPX, które umożliwiają zrealizowanie sterowania bocznego lub frontowego.

Do zdalnego sterownia wyłączaniem awaryjnym można stosować wyłączniki nadprądowe S 300, DPX, DMX, rozłączniki FRX 300, DPX-I, DPX-IS, DMX-I oraz wyłączniki różnicowoprądowe P 300 wyposażone w wyzwalacze wzrostowe lub podnapięciowe.

Często w dokumentacjach technicznych wymaga się zastosowania zwiększonego bezpieczeństwa, które wiąże się ze stosowaniem wyzwalaczy podnapięciowych lub z zakładaniem blokad w pozycji „wyłączony". Nie ma takiej konieczności, jeśli obwody końcowe nie stwarzają zagrożenia, np. obwody ogrzewania, oświetlenia czy obwody gniazd.
W praktyce nie montuje się wyzwalaczy podnapięciowych w wyłącznikach głównych, gdyż mogą one powodować odcinanie napięcia zasilania, np. przy spadku napięcia.

Przykładowe schematy układów wyłączenia awaryjnego

Napęd silnikowy na wyłączniku DPX. Wyłączanie awaryjne wykonuje się przez przycisk AT i wyzwalacz wzrostowy. Zazbrajanie ręczne.

Sterowanie bezpośrednie przez wyłącznik DPX. Rozłączenie awaryjne wykonuje się przez naciśnięcie na przycisk stop (CU) i przez działanie wyzwalacza wzrostowego (ET).

Napęd silnikowy na wyłączniku DPX. Zazbrajanie przez sterowanie zewnętrzne. Otwarcie wyłącznika jest wykonywane przez wyzwalacz podnapięciowy.

Zdalne sterowanie o nr. ref. 0073 73 wyłącznikiem nadprądowym modułowym. Wyłączanie awaryjne za pomocą przycisku AT.

CA: styk pomocniczy
SD: styk alarmowy
ET: wyzwalacz wzrostowy
MT: wyzwalacz podnapięciowy
MA: przycisk start
AT: przycisk stop
R: zazbrajanie

Rozłączanie i wyłączanie awaryjne, rozłączanie izolacyjne
(ciąg dalszy)

WYŁĄCZANIE AWARYJNE

Gdy działanie urządzeń lub maszyn elektrycznych może być źródłem zagrożenia, muszą być one wyposażone w wyłączniki awaryjne, które umieszcza się jak najbliżej użytkownika. W wyłączniki awaryjne muszą być wyposażone m.in.: ruchome schody, windy, suwnice, przenośniki, drzwi ze sterowaniem elektrycznym, podnośniki samochodowe oraz urządzenia, takie jak betoniarki, podnośniki i maszyny w ogólnym tego słowa znaczeniu.
Aby uniknąć niebezpiecznych sytuacji, każda maszyna musi być wyposażona w jeden lub kilka wyłączników awaryjnych łatwych do rozpoznania, łatwo dostępnych i w odpowiedniej ilości.
Wyłączenie musi następować natychmiast, musi być kontrolowane i zróżnicowane w zależności od maszyny.
Stosowanie wyłączników awaryjnych nie jest wymagane:
- gdy fakt zamontowania wyłącznika nie zmniejsza zagrożenia,
- gdy czas wyłączenia jest dłuższy od czasu rozłączenia awaryjnego,
- w przypadku maszyn przenośnych lub sterowanych ręcznie.

Wyłączenie awaryjne powinno być wykonywane przez jak najbardziej bezpośrednie działanie. Zgodnie z definicją „podwyższonego bezpieczeństwa" powinno to być działanie bezpośrednio na styki otwierające lub wyłączające obwód i priorytetowe w przypadku usterki urządzenia lub awarii zasilania.

Zasady, którymi należy się kierować przy instalowaniu wyłączników awaryjnych opisane są w dyrektywie europejskiej CEE 89/655 (dotyczącej podstawowych przepisów BHP w zakresie użytkowania maszyn i urządzeń) i podają wymogi techniczne związane z użytkowaniem maszyn i urządzeń.

Wyłączniki awaryjne do maszyn

Obudowa w kolorze żółtym, przycisk-grzybek typu „przyciśnij-przekręć" w kolorze czerwonym zgodnie z normą EN 60204-1 (odblokowanie przez 1/4 obrotu).

Przykładowe schematy działania wyłączników awaryjnych

Typowy schemat zasilania przekaźnika z priorytetową funkcją wyłączenia.

Napęd silnikowy na wyłączniku DPX. Zazbrajanie automatyczne po zamknięciu wyłącznika. Otwarcie wyłącznika jest wykonywane przez wyzwalacz podnapięciowy.

Sterowanie bezpośrednie na wyłączniku DPX przez naciśniecie na „przycisk--grzybek", wyłączenie awaryjne wykonuje się przez naciśnięcie na przycisk stop (AU) i przez działanie wyzwalacza podnapięciowego.

CA: styk pomocniczy
SD: styk alarmowy
MT: wyzwalacz podnapięciowy
MA: przycisk start
AU: przycisk stop awaryjny

Wyzwalacze podnapięciowe z opóźnieniem (800 ms) zapobiegają wyłączaniu w przypadku krótkotrwałych zaników napięcia (wyzwalacze o nr. ref. 0261 75/85 współpracujące z modułami czasowymi o nr. ref. 0261 90/91).

Rozłączanie i wyłączanie awaryjne, rozłączanie izolacyjne
(ciąg dalszy)

ROZŁĄCZANIE IZOLACYJNE

Rozłączanie izolacyjne to elektryczne oddzielenie całości lub części instalacji, które ma na celu zapewnienie bezpieczeństwa osób wykonujących np. naprawy w obrębie danej instalacji.
Aparat wykonujący takie rozłączanie powinien być umieszczony:
- na początku każdej instalacji,
- na początku każdego obwodu lub grupy obwodów.

Rozłącznik izolacyjny musi odłączać wszystkie przewody czynne (w tym również przewód neutralny).
Przewody PE i PEN nie mogą być rozłączane.
Konieczne jest rozłączanie powyżej i poniżej instalacji, jeśli istnieje ryzyko podania napięcia z drugiej strony.
Urządzenia, które mogą wykonywać funkcje rozłączania, to rozłączniki izolacyjne, wyłączniki, gniazda, podstawy bezpieczników topikowych, listwy zaciskowe z rozłącznikami, zaciski oraz każdy inny aparat, który zapewnia minimalną odległość przerwy stykowej:
– 4 mm przy napięciu 230/400 V,
– 8 mm przy napięciu 400/690 V,
– 11 mm przy napięciu 1000 V.
W przypadku aparatów, które wykonują podwójne rozłączanie, odległości należy pomnożyć przez 1,25.

Uwaga: Samo rozłączanie izolacyjne nie zapewnia bezpieczeństwa instalacji. Konieczne jest stosowanie dodatkowych środków (kłódki, blokady, pomieszczenia zamykane na klucz, uziemienie), aby zapobiec niezamierzonemu pojawieniu się napięcia. Podstawowe zasady zostały przedstawione na str. 422.

Wymogi dotyczące rozłączania izolacyjnego stosuje się również w przypadku maszyn i sprzętu, które należy odizolować od źródła (źródeł energii), aby można było wykonywać ich remonty lub naprawy.
Należy wykonać odpowiednie rozłączanie, zablokowanie i kontrolę maszyn lub sprzętu.

1 ROZŁĄCZANIE Z NIEWIDOCZNĄ PRZERWĄ STYKOWĄ

Rozłączanie izolacyjne z niewidoczną przerwą stykową realizują aparaty o ustalonym związku między układem styków a położeniem dźwigni sterowniczej. Położenie dźwigni w pozycji „I" lub „O" wskazuje rzeczywiste położenie styków aparatu.
Aparat taki spełnia wymogi normy EN 60947-3.

Obudowa przeciwpożarowa

Obudowy ppoż. wyposażone w rozłączniki Vistop wykonują jednocześnie rozłączenia awaryjne i izolacyjne.

2 ROZŁĄCZANIE IZOLACYJNE Z WIDOCZNĄ PRZERWĄ STYKOWĄ

W tych rozłącznikach oddzielenie styków jest widoczne. Rozłączenie z widoczną przerwą stykową jest możliwe przy użyciu aparatów Vistop lub DPX-IS, które są wyposażone w odpowiednie okienko lub przy użyciu aparatów w wykonaniu wtykowym lub wysuwnym (DPX, DMX).

Inne definicje

– Rozłączenie z zabezpieczeniem:
rozłączenie połączone z funkcją zabezpieczenia przed przetężeniami, przepięciami, prądem upływowym.

– Sterowanie funkcyjne:
wykonywanie funkcji (załączanie, wyłączanie, zmiana natężenia oświetlenia) w celu wyłącznie funkcjonalnym (termostaty, przekaźniki bistabilne).
Gniazda o I_n > 32 A nie mogą spełniać funkcji rozłączenia funkcjonalnego danego urządzenia. Muszą ją realizować aparaty, które wykonują rozłączanie pod obciążeniem, zainstalowane w urządzeniu.

– Rozłączenie w celu wykonania obsługi mechanicznej (np. naprawy):
rozłączenie, które ma na celu uniknięcie zagrożeń podczas wykonywania prac nieelektrycznych.
Jeśli posiadają tylko tę funkcję, nie mogą być używane do rozłączania awaryjnego.

DPX-IS 1600

DPX 630
w wykonaniu
wysuwnym

DPX-IS 250

Rozdział energii i okablowanie rozdzielnic elektrycznych

Dobór szyn zasilających ..... str. 448

Bloki rozdzielcze ..... str. 466

Optymalny rozdział energii XL-Part ..... str. 482

Przewody ..... str. 490

Podstawową funkcją rozdzielnic elektrycznych jest zabezpieczanie i ochrona obwodów. Istnieje jeszcze jedna funkcja, może mniej rzucająca się w oczy, ale równie ważna: rozdział energii.

Dobór i sposób wykonania rozdziału energii, nawet bardziej niż w przypadku dwóch pierwszych funkcji: zabezpieczania i sterowania, wymaga zarówno odpowiedniego doboru elementów (ilości odpływów, przekrojów i rodzaju przewodów, sposobu przyłączania), jak i kontroli warunków pracy (dopuszczalnego natężenia, zwarć, izolacji).
W zależności od przyznanej mocy rozdział energii wykonuje się przy zastosowaniu bloków rozdzielczych (do 400 A) lub przy zastosowaniu szyn zasilających (od 250 do 4000 A).
Bloki rozdzielcze dobiera się w zależności od ich parametrów (patrz str. 466), natomiast szyny zasilające – na podstawie obliczeń w zależności od potrzeb (patrz str. 448).

Bez względu na to czy rozdzielnica wyposażona będzie w szyny zasilające, czy w bloki rozdzielcze, bez odpowiedniego okablowania nie będzie poprawnie działać.
Odpowiedni dobór przewodów, sposobu ich prowadzenia i łączenia wymaga takiej samej uwagi, co dobór innych komponentów rozdzielnicy.

Optymalny system rozdziału energii XL-Part produkcji Legrand łączy w sobie funkcje rozdziału energii, zamocowania i przyłączenia aparatów (patrz str. 482). System ten wpływa na zmniejszenie liczby używanych przewodów do okablowania i zwiększa bezpieczeństwo rozdzielnic.

Wspornik XL-Part 1600 i blok rozdzielczy rzędowy XL-Part 400.

Rozdział energii to zasilanie z jednego obwodu kilku innych fizycznie odseparowanych i oddzielnie zabezpieczanych obwodów.

Dobór szyn zasilających

Szyny zasilające są „kręgosłupem" rozdzielnicy. Szyny zasilające główne i obwodowe pełnią funkcję zasilania i rozdziału energii.

USTALANIE PRZEKROJU SZYN ZASILAJĄCYCH

Wymagany przekrój szyn ustala się w zależności od płynącego przez nie prądu, od stopnia ochrony rozdzielnicy i od obliczonej wartości energii cieplnej wydzielanej podczas zwarcia.
Wartości natężenia prądu podano w oparciu o normę EN 60947-1, przyjmując normalne warunki funkcjonowania rozdzielnicy, w której przyrost temperatury szyn Δt nie będzie przekraczał 65°C.

Definicje prądów zgodnie z normą EN 60947-1

- **I_e: prąd znamionowy łączeniowy aparatu w rozdzielnicach z wentylacją naturalną lub w rozdzielnicach o stopniu ochrony IP < 30 (temperatura wewnątrz rozdzielnicy ≤25°C).**

- **I_{the}: prąd cieplny umowny aparatu zainstalowanego w obudowie wynikający ze skrajnie trudnych warunków pracy. Szczelna obudowa (IP ≥ 30) nie pozwala na naturalną wymianę powietrza.**

< Próba nagrzewania szyn zasilających o wymiarach 3 x 120 x 10 na biegun, zamontowanych na wsporniku o nr. ref. 0374 54.

Szyny miedziane ułożone równolegle

**Dopuszczalny prąd dla kilku szyn jest zawsze mniejszy od prądu jednej szyny pomnożonego przez ilość wszystkich szyn.
Dla 2 szyn: n = 1,6 - 1,8; dla 3 szyn: n = 2,2 - 2,4; dla 4 szyn: n = 2,7 - 2,9. Im szyny są szersze, tym współczynnik n jest większy, ale chłodzenie szyn jest trudniejsze i większe są skutki indukcyjności wzajemnej.
Gęstość dopuszczalnego prądu nie jest więc stała. Wynosi ona około 3 A/mm² dla szyn o małych przekrojach i spada do 1 A/mm² w przypadku zestawów szyn o dużych przekrojach.**

Szyny elastyczne

Szyny miedziane elastyczne					
I_e (A) IP30	I_{the} (A) IP > 30	Nr referencyjny	Wymiary (mm)	I^2t (A^2s)	I_{cw1s} (A)
200	160	0374 10	13 x 3	2×10^7	4485
320	200	0374 16	20 x 4	$8{,}5 \times 10^7$	9200
400	250	0374 11 0374 67	24 x 4 20 x 5	$1{,}2 \times 10^8$	11 000
470	320	0374 17	24 x 5	$1{,}9 \times 10^8$	13 800
630	400	0374 12	32 x 5	$3{,}4 \times 10^8$	18 400
700	500	0374 44	40 x 5	$5{,}3 \times 10^8$	23 000
850	630	0374 57	50 x 5	$8{,}3 \times 10^8$	28 700
1250	1000	0374 58	50 x 10	$3{,}3 \times 10^9$	57 500
2500	2000	0374 58	2 x (50 x 10)	$1{,}3 \times 10^{10}$	115 000

Szyny sztywne na wspornikach o nr. ref. 0373 10/15/20/21/22/23 (obudowy XL³) i o nr. ref. 0374 14/21/53 (obudowy Altis)

Szyny miedziane płaskie sztywne – montaż krawędziowy					
I_e(A) IP30	I_{the} (A) IP > 30	Nr referencyjny	Wymiary (mm)	I^2t (A^2s)	I_{cw1s} (A)
110	80	0373 88	12 x 2	$1{,}2 \times 10^7$	3430
160	125	0373 89	12 x 4	$4{,}7 \times 10^7$	6865
200	160	0374 33	15 x 4	$7{,}4 \times 10^7$	8580
250	200	0374 34	18 x 4	1×10^8	10 295
280	250	0374 38	25 x 4	$2{,}1 \times 10^8$	14 300
330	270	0374 18	25 x 5	$3{,}2 \times 10^8$	17 875
450	400	0374 19	32 x 5	$5{,}2 \times 10^8$	22 900
700	630	0374 40	50 x 5	$1{,}1 \times 10^9$	33 750
1150	1000	0374 40	2 x (50 x 5)	$4{,}5 \times 10^9$	67 500
800	700	0374 41	63 x 5	$1{,}8 \times 10^9$	42 500
1350	1150	0374 41	2 x (63 x 5)	$7{,}2 \times 10^9$	85 500
950	850	0374 59	75 x 5	$2{,}5 \times 10^9$	50 600
1500	1300	0374 59	2 x (75 x 5)	1×10^{10}	101 000
1000	900	0374 43	80 x 5	$2{,}9 \times 10^9$	54 000
1650	1450	0374 43	2 x (80 x 5)	$1{,}2 \times 10^{10}$	108 000
1200	1050	0374 46	100 x 5	$4{,}5 \times 10^9$	67 500
1900	1600	0374 46	2 x (100 x 5)	$1{,}8 \times 10^{10}$	135 000

Szyny miedziane o profilu C					
I_e (A) IP30	I_{the} (A) IP > 30	Nr referencyjny	Wymiary (mm^2)	I^2t (A^2s)	I_{cw1s} (A)
500	400	0374 60	155	$4{,}9 \times 10^8$	22 165
800	630	0374 61	265	$1{,}3 \times 10^9$	37 775
1250	1000	0374 62	440	$3{,}5 \times 10^9$	59 400

Dobór szyn zasilających
(ciąg dalszy)

Szyny sztywne na wspornikach o nr. ref. 0373 24/25 (obudowy XL³) i o nr. ref. 0373 93 (obudowy Altis)

Na uniwersalnych wspornikach izolacyjnych można zamontować szyny o grubości 5 mm lub 10 mm, zmieniając jedynie pozycję.

^ Od 1 do 4 szyn o grubości 5 mm na biegun.

^ Od 1 do 3 szyn o grubości 10 mm na biegun.

Szyny miedziane płaskie sztywne – montaż krawędziowy

I_e (A) IP ≤ 30	I_{the} (A) IP > 30	Ilość szyn	Wymiary (mm)	I^2t (A^2s)
700	630	1	50 x 5	$1,14 \times 10^9$
1180	1020	2	50 x 5	$4,56 \times 10^9$
1600	1380	3	50 x 5	$1,03 \times 10^{10}$
2020	1720	4	50 x 5	$1,82 \times 10^{10}$
800	700	1	63 x 5	$1,81 \times 10^9$
1380	1180	2	63 x 5	$7,23 \times 10^9$
1900	1600	3	63 x 5	$1,63 \times 10^{10}$
2350	1950	4	63 x 5	$2,89 \times 10^{10}$
950	850	1	75 x 5	$2,56 \times 10^9$
1600	1400	2	75 x 5	$1,03 \times 10^{10}$
2200	2300	3	75 x 5	$2,31 \times 10^{10}$
2700	850	4	75 x 5	$4,10 \times 10^{11}$
1000	1300	1	80 x 5	$2,92 \times 10^9$
1700	900	2	80 x 5	$1,17 \times 10^{10}$
2350	1450	3	80 x 5	$2,62 \times 10^{10}$
2850	1050	4	80 x 5	$4,67 \times 10^{10}$
1200	1800	1	100 x 5	$4,56 \times 10^9$
2050	2450	2	100 x 5	$1,82 \times 10^{10}$
2900	2900	3	100 x 5	$4,10 \times 10^{10}$
3500	1800	4	100 x 5	$7,29 \times 10^{10}$
1450	1270	1	125 x 5	$7,12 \times 10^9$
2500	2150	2	125 x 5	$2,85 \times 10^{10}$
3450	2900	3	125 x 5	$6,41 \times 10^{10}$
4150	3450	4	125 x 5	$1,14 \times 10^{11}$
1750	1500	1	160 x 5(1)	$1,17 \times 10^{10}$
3050	2450	2	160 x 5(1)	$4,67 \times 10^{10}$
4200	3300	3	160 x 5(1)	$1,05 \times 10^{11}$
5000	3800	4	160 x 5(1)	$1,87 \times 10^{11}$

(1) Należy zastosować stalowy gwintowany trzpień o średnicy 8 mm, który należy następnie dociąć na odpowiednią długość.

I_e (A) IP ≤ 30	I_{the} (A) IP > 30	Ilość szyn	Wymiary (mm)	I^2t (A^2s)
950	850	1	50 x 10	$4,56 \times 10^9$
1680	1470	2	50 x 10	$1,82 \times 10^{10}$
2300	2030	3	50 x 10	$4,10 \times 10^{10}$
1150	1020	4	60 x 10	$6,56 \times 10^9$
2030	1750	1	60 x 10	$2,62 \times 10^{10}$
2800	2400	2	60 x 10	$5,90 \times 10^{10}$
1460	1270	3	80 x 10	$1,17 \times 10^{10}$
2500	2150	4	80 x 10	$4,67 \times 10^{10}$
3450	2900	1	80 x 10	$1,05 \times 10^{11}$
1750	1500	2	100 x 10	$1,82 \times 10^{10}$
3050	2550	3	100 x 10	$7,29 \times 10^{10}$
4150	3500	4	100 x 10	$1,64 \times 10^{11}$
2000	1750	1	120 x 10	$2,62 \times 10^{10}$
3600	2920	2	120 x 10	$1,05 \times 10^{11}$
4800	4000	3	120 x 10	$2,63 \times 10^{11}$

Ułożenie zestawu szyn

Montaż krawędziowy szyn w zestawach szyn zasilających pionowych lub poziomych na wspornikach o nr. ref. 0373 24/25 w pozycji poziomej.

USTALANIE PRZEKROJU SZYN ZASILAJĄCYCH

< Wsporniki o nr. ref. 0373 24 umożliwiają wykonanie zestawu szyn zasilających o dużej mocy: do 4000 A, w obudowach XL³ 4000, o stopniu ochrony IP55.

Ułożenie krawędziowe zestawów szyn wpływa korzystnie na ich chłodzenie. Jeśli szyny muszą być ułożone na płasko, a więc na wspornikach w pozycji pionowej, należy zmniejszyć dopuszczalne prądy.

Szyny miedziane płaskie sztywne – montaż na płasko

I_e (A) IP ≤ 30	I_{the} (A) IP > 30	Ilość szyn	Wymiary (mm)
500	420	1	50 x 5
750	630	2	50 x 5
1000	900	3	50 x 5
1120	1000	4	50 x 5
600	500	1	63 x 5
750	630	2	63 x 5
1100	1000	3	63 x 5
1350	1200	4	63 x 5
700	600	1	75 x 5
1000	850	2	75 x 5
1250	1100	3	75 x 5
1600	1400	4	75 x 5
750	630	1	80 x 5
1050	900	2	80 x 5
1300	1150	3	80 x 5
1650	1450	4	80 x 5
850	700	1	100 x 5
1200	1050	2	100 x 5
1600	1400	3	100 x 5
1900	1650	4	100 x 5
1000	800	1	125 x 5
1450	1250	2	125 x 5
1800	1600	3	125 x 5
2150	1950	4	125 x 5
1150	900	1	160 x 5(1)
1650	1450	2	160 x 5(1)
2000	1800	3	160 x 5(1)
2350	2150	4	160 x 5(1)

I_e (A) IP ≤ 30	I_{the} (A) IP > 30	Ilość szyn	Wymiary (mm)
880	650	1	50 x 10
1250	1050	2	50 x 10
2000	1600	3	50 x 10
1000	800	1	60 x 10
1600	1250	2	60 x 10
2250	1850	3	60 x 10
1150	950	1	80 x 10
1700	1500	2	80 x 10
2500	2000	3	80 x 10
1350	1150	1	100 x 10
2000	1650	2	100 x 10
2900	2400	3	100 x 10
1650	1450	1	120 x 10
2500	2000	2	120 x 10
3500	3000	3	120 x 10

(1) Należy zastosować stalowy gwintowany trzpień o średnicy 8 mm, który należy następnie dociąć na odpowiednią długość.

Ułożenie zestawu szyn

Montaż szyn na płasko w zestawach szyn zasilających pionowych lub poziomych na wspornikach o nr. ref. 0373 24/25 w pozycji pionowej.

Dobór szyn zasilających
(ciąg dalszy)

Obliczanie dopuszczalnego obciążenia cieplnego

Wartość dopuszczalnego obciążenia cieplnego szyn zasilających powinna być wyższa od energii ograniczanej aparatu zabezpieczającego.

Obliczanie obciążenia cieplnego

Wartość maksymalnego obciążenia cieplnego I^2t zakładanego dla prądu zwarciowego o czasie trwania do 5 s oblicza się przy użyciu następującego wzoru: $I^2 x t = K^2 x S^2$, gdzie:
K = 115 $As^{0,5}/mm^2$ dla szyn elastycznych (maksymalna temperatura: 160°C),
K = 135 $As^{0,5}/mm^2$ dla szyn sztywnych o dużym przekroju (szerokość > 50 mm; maksymalna temperatura: 200°C),
K = 143 $As^{0,5}/mm^2$ dla szyn sztywnych o małym przekroju (szerokość <50 mm) i szyn o profilu C (maksymalna temperatura: 220°C),
S = przekrój szyny w mm^2.

Umowna wartość znamionowego krótkotrwałego prądu wytrzymywanego (1 s) przy obciążeniu cieplnym dopuszczalnym wyraża się poniższym wzorem: $I_{cw} = \sqrt{I^2t}$.

Charakterystyka ograniczanej energii cieplnej na przykładzie wyłącznika DPX 250 ER (160 A)

Zastosowano szynę płaską sztywną 12 x 4 dla prądu 160 A.
I^2t dopuszczalne dla tej szyny: 4,7 x 10^7 A^2s.
I_k spodziewany, skuteczny: 10 kA (10^4 A).

Odnajdując powyższą wartość na charakterystyce $I^2t = f(I_k)$ określonego aparatu (w tym przypadku jest to DPX 250 ER), możemy odczytać wartość energii cieplnej ograniczanej przez ten aparat: 5 x 10^5 A^2s. Jest to wartość mniejsza niż I^2t dopuszczalna dla szyny.

USTALANIE ODLEGŁOŚCI MIĘDZY WSPORNIKAMI SZYN ZASILAJĄCYCH

Odległość między wspornikami ustalana jest odpowiednio do wartości energii elektrodynamicznej prądu zwarcia. Siły występujące między szynami w momencie zwarcia są proporcjonalne do wartości szczytowej natężenia prądu zwarciowego.

Wartość skuteczna spodziewanego prądu zwarciowego (I_k)

Jest to maksymalna spodziewana wartość prądu, który przepłynie w momencie wystąpienia zwarcia w przypadku braku aparatu zabezpieczającego. Wartość ta zależy od rodzaju i mocy źródła zasilania. Rzeczywisty prąd zwarciowy będzie miał mniejszą wartość ze względu na impedancję przewodów. Wartości prądów zwarciowych podano na stronie 302 i następnych.

I_k spodziewany

Jest to wartość skuteczna prądu zwarciowego, który płynąłby w obwodzie w przypadku braku aparatów zabezpieczających:
I_{k1}: między fazą a przewodem neutralnym,
I_{k2}: między 2 fazami,
I_{k3}: między 3 fazami.

Wartości te oznaczano dawniej I_{cc1}, I_{cc2}, I_{cc3}.
Nie należy mylić oznaczenia I_k z I_{pk}.

W razie wątpliwości lub braku informacji na temat rzeczywistej wartości zwarciowego prądu spodziewanego I_k należy przyjąć wartość co najmniej równą 20 x I_n.

Wartość prądu szczytowego (I_{pk})

Prąd szczytowy ustala się na podstawie charakterystyki aparatu zabezpieczającego. Stanowi on wartość maksymalną (szczytową) wywołaną zwarciem.
W razie braku aparatu zabezpieczającego ograniczającego wartość tę można obliczyć w oparciu o spodziewany prąd zwarciowy z zastosowaniem współczynnika asymetrii (patrz następna strona).

Siły elektrodynamiczne są proporcjonalne do kwadratu wartości szczytowej natężenia prądu. Wartość tę należy wziąć pod uwagę przy ustalaniu odległości między wspornikami szyn zasilających.

Dobór szyn zasilających
(ciąg dalszy)

Aparat zabezpieczający ograniczający

W zależności od spodziewanej wartości prądu szczytowego natężenie szczytowe ograniczone wyznaczane jest przez charakterystyki ograniczania aparatów zabezpieczających (DPX lub S 300).

Tabela poniżej podaje ograniczoną wartość prądu szczytowego I_{pk} dla maksymalnej wartości spodziewanego prądu zwarciowego, która jest równa zdolności zwarciowej (I_{cu}) aparatu.
W przypadku spodziewanych prądów zwarciowych o mniejszej wartości, charakterystyka podaje optymalną wartość.

Rodzaj aparatu	Prąd znamionowy (A)	I_{pk} (szczytowy) maksymalny (kÂ)
DPX 125	od 16 do 25	11,9
DPX 125	od 40 do 63	15
DPX 125	od 100 do 125	17
DPX 160	25	14,3
DPX 160	od 40 do 160	20
DPX 250 ER	od 100 do 250	22
DPX 250	od 40 do 250	27
DPX-H 250	od 40 do 250	34
DPX 630	od 250 do 630	34
DPX-H 630	od 250 do 630	42
DPX 1600	od 630 do 1600	85
DPX-H 1600	od 630 do 1600	110

Aparat zabezpieczający nieograniczający

Jeśli zestaw szyn zabezpieczany jest aparatem nieograniczającym, maksymalna wartość prądu szczytowego wywołana zostaje w ciągu pierwszego półokresu zwarcia. Jest to tzw. prąd szczytowy asymetryczny.

Stosunek wartości szczytowej do wartości skutecznej prądu zwarciowego spodziewanego określa współczynnik asymetrii n:

I_{cc} szczytowy = n x I_k skuteczny spodziewany.

I_k skuteczny spodziewany (kA)	n
$I_k \leq 5$	1,5
$5 < I_k \leq 10$	1,7
$10 < I_k \leq 20$	2
$20 < I_k \leq 50$	2,1
$50 < I_k$	2,2

USTALANIE ODLEGŁOŚCI MIĘDZY WSPORNIKAMI SZYN ZASILAJĄCYCH

Siły elektrodynamiczne, które pojawiają się między przewodami lub w zestawach szyn zasilających, pochodzą z wzajemnego oddziaływania pól magnetycznych wytwarzanych przez przepływający prąd. Siły te są proporcjonalne do kwadratu natężenia wartości szczytowej prądu (I_{pk}), która wyraża się w Â lub w kÂ. W momencie wystąpienia zwarcia siły te ulegają zwiększeniu (do kilkuset N) i mogą spowodować zdeformowanie szyn zasilających lub uszkodzenie czy rozerwanie wsporników szyn zasilających.
Siły te oblicza się przez zastosowanie prawa Laplace'a, które mówi, że gdy przez przewód przepływa prąd i_1 to wytwarza on pole magnetyczne $\vec{H}_1$ o indukcyjności $\vec{B}_1$, wówczas każdy jednostkowy element dl tego przewodu poddany jest działaniu siły, która równa się $d\vec{F} = i\vec{dl} \times \vec{B}$.
Jeśli pole magnetyczne tworzy się wokół innego przewodu, przez który przepływa prąd i_2, dochodzi wówczas do interakcji między polami $\vec{H}_1$ i $\vec{H}_2$ oraz siłami $\vec{F}_1$ i $\vec{F}_2$, które są generowane przez $\vec{B}_1$ i $\vec{B}_2$.

Schematyczne przedstawienie prawa Biota-Savarta

Kierunki wektorów określa prawo Ampera. Jeśli prądy i_1 i i_2 płyną w jednym kierunku, następuje przyciąganie. Jeśli natomiast płyną w dwóch różnych kierunkach, następuje odpychanie się przewodów.

Ogólny wzór do obliczania sił działających w momencie wystąpienia zwarcia

D: długość przewodu (odległość między wspornikami w przypadku montażu szyn zasilających).

E: odstępy między przewodami.

$$F_{max} = 2 \times I^2 \times \frac{D}{E} \times 10^{-8}$$

gdzie:
- F jest wyrażone w N,
- I jest wyrażone w Â,
- D i E muszą być wyrażone w takich samych jednostkach.

W praktyce wzór ten stosuje się tylko dla przewodów okrągłych o dużej długości (D > 20 E).
Gdy D jest krótsze, należy zastosować korektę zwaną „współczynnikiem końca":

- dla $4 \leqslant \frac{D}{E} < 20$, należy wziąć $F_{max} = 2 \times I^2 \times \left(\frac{D}{E} - 1\right) \times 10^{-8}$,

- dla $\frac{D}{E} < 4$, należy wziąć $F_{max} = 2 \times I^2 \times \left[\sqrt{\left(\frac{D}{E}\right)^2 + 1} - 1\right] \times 10^{-8}$.

Do podanych powyżej wzorów należy zastosować współczynniki korygujące, które uwzględniają sposób ułożenia przewodów i kształt przewodów (jeśli nie użyto przewodów okrągłych).

Dobór szyn zasilających
(ciąg dalszy)

Praktyczne ustalanie odległości między wspornikami w zależności od prądu szczytowego (I_{pk})

Zamieszczone niżej tabele pozwalają dla ustalonej wartości I_{pk} dobrać maksymalne odległości D (mm) między wspornikami i tym samym wykonać zestawy szyn rozdzielczych. Im mniejsza będzie odległość między wspornikami, tym wyższa będzie dopuszczalna wartość I_k.
W przypadku wsporników jednobiegunowych można również zmienić odstęp E miedzy szynami. Im większa będzie odległość między szynami, tym wyższa będzie dopuszczalna wartość I_k.
Odległość D poza pierwszym wspornikiem powinna być mniejsza o około 30% od wymiaru D.

Odległości między wspornikami

Przy ustalaniu tych odległości bierze się pod uwagę najbardziej niekorzystne wartości zwarć:
– wartość I_{k2} prądu zwarciowego dwufazowego powoduje powstawanie sił niesymetrycznych,
– wartość I_{k3} prądu zwarciowego trójfazowego powoduje powstawanie maksymalnej siły na głównej szynie,
– wartość I_{k1} (przewód fazowy/przewód neutralny) jest zwykle najmniejsza.

Maksymalna odległość D (mm) dla wsporników szyn jednobiegunowych (rozstaw E regulowany)

Wsporniki		0373 98				0374 37			
Szyny		0373 88 (12 x 2) lub 0373 89 (12 x 4)				0374 33 (15 x 4) lub 0374 34 (18 x 4) lub 0374 38 (25 x 4)			
E (mm)		50	75	100	125	50	75	100	125
I_{pk} (szczytowy) (kÂ)	10	400	600	800		350	600	750	
	15	300	450	600	800	250	400	500	700
	20	250	350	450	600	150	225	300	375
	25	200	250	300	400	125	150	200	250
	30					100	125	150	175
	35						100	125	150

Maksymalna odległość D (mm) dla wsporników szyn wielobiegunowych (rozstaw E stały)

Wsporniki		0373 96		0374 32	0374 36	0374 15			374 10			
Szyny		0373 88 (12 x 2)	0373 89 (12 x 4)	0374 33/34 (15 x 4)/ (18 x 4)	0374 38 (25 x 4)	0374 34 (18 x 4)	0374 18 (25 x 5)	0374 19 (32 x 5)	0374 34 (18 x 4)	0374 38 (25 x 4)	0374 18 (25 x 5)	0374 19 (32 x 5)
I_{pk} (szczytowy) (kÂ)	10	200	400	550	650	1000	1200	1500	550	650	800	900
	15	150	300	400	500	700	1000	1200	400	600	700	800
	20	125	200	300	400	550	750	950	300	450	550	700
	25	100	150	200	350	400	600	750	250	350	400	500
	30			150	200	350	500	650	200	300	350	400
	35			100	150	300	400	550	150	250	300	350
	40				100	250	350	450	150	200	300	300
	45									150	200	200
	50					200	300	400		150	175	100
	55									100	150	100
	60					200	250	300			150	
	70					150	200	250				
	80					150	200	250				

USTALANIE ODLEGŁOŚCI MIĘDZY WSPORNIKAMI SZYN ZASILAJĄCYCH

Maksymalna odległość D (mm) dla wsporników szyn wielobiegunowych o nr. ref. 0373 20/21 i 0374 14 (rozstaw stały E = 75 mm)

Wsporniki		0373 20 i 0374 14				0373 21						
Szyny o grubości 5 mm		1 szyna płaska na biegun				1 szyna o profilu C na biegun			1 szyna płaska na biegun			
		0374 18 (25 x 5)	0374 19 (32 x 5)	0374 40 (50 x 5)	0374 41 (63 x 5)	0374 60 155 mm²	0374 61 265 mm²	0374 62 440 mm²	0374 40 (50 x 5)	0374 41 (63 x 5)	0374 59 (75 x 5)	0374 43 (80 x 5)
I_{pk} (szczytowy) (kÂ)	10	800	900			1100	1600	1600	1000	1200	1200	1200
	15	600	600	700	800	800	1000	1300	800	900	1000	1000
	20	450	500	600	700	600	800	1000	650	700	750	750
	25	350	400	500	550	450	650	800	500	600	600	600
	30	300	350	400	450	400	550	700	400	500	550	550
	35	250	300	350	400	350	450	600	350	450	450	450
	40	200	250	275	300	300	400	550	300	350	400	400
	45	200	200	225	250	250	350	500	300	300	350	350
	50	150	150	200	200	250	300	450	250	250	300	300
	60	125	125	150	150	200	300	400	200	250	250	250
	70	100	100	150	150	150	250	350	150	200	200	200
	80			100	100		200	300	100	150	200	200
	90						200	250	100	150	200	200
	100						150	250	100	150	150	150
	110						150	200	100	100	150	150
	120						150	200	100	100	100	100

Maksymalna odległość D (mm) dla wsporników szyn wielobiegunowych o nr. ref. 0373 22/23 i 0374 53 (rozstaw stały E = 75 mm)

Wsporniki		0373 22/23 i 0374 53									
Szyny o grubości 5 mm		1 szyna płaska na biegun					2 szyny płaskie na biegun				
		0374 40 (50 x 5)	0374 41 (63 x 5)	0374 59 (75 x 5)	0374 43 (80 x 5)	0374 46 (100 x 5)	0374 40 (50 x 5)	0374 41 (63 x 5)	0374 59 (75 x 5)	0374 43 (80 x 5)	0374 46 (100 x 5)
I_{pk} (szczytowy) (kÂ)	10	1000	1200	1200	1200	1200					
	15	800	900	1000	1000	1200					
	20	650	700	750	750	900					
	25	500	600	600	600	700					
	30	400	500	550	550	600	700	800			
	35	350	450	450	450	550					
	40	300	350	400	400	450	550	600	650	650	700
	45	300	300	350	350	400					
	50	250	250	300	300	350	450	500	500	500	550
	60	200	250	250	250	300	350	400	400	400	450
	70	150	200	250	250	250	250	350	350	350	400
	80	100	150	200	200	200	250	300	300	300	300
	90	100	150	200	200	200	200	250	300	300	300
	100	100	150	150	150	150	200	200	250	250	250
	110	100	100	150	150	150	200	150	200	200	200
	120	100	100	100	100	100	150	150	200	200	200

Dobór szyn zasilających
(ciąg dalszy)

Maksymalna odległość D (mm) dla wsporników szyn wielobiegunowych o nr. ref. 0373 24/25 i 0374 54, szyny o grubości 5 mm

Wsporniki		0373 24/25 i 0374 54																			
Wymiary szyny		1 szyna na biegun					2 szyny na biegun					3 szyny na biegun					4 szyny na biegun				
		50 x 5	63 x 5	75 x 5 80 x 5	100 x 5	125 x 5	50 x 5	63 x 5	75 x 5 80 x 5	100 x 5	125 x 5	50 x 5	63 x 5	75 x 5 80 x 5	100 x 5	125 x 5	50 x 5	63 x 5	75 x 5 80 x 5	100 x 5	125 x 5
I_{pk} (szczytowy) (kÂ)	10	1550	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1700										
	15	1050	1200	1350	1550	1700	1550	1700	1700	1700	1700	1700									
	20	800	900	1000	1150	1350	1200	1350	1500	1700	1700	1550	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1700
	25	650	750	800	950	1100	950	1100	1200	1400	1550	1250	1450	1600	1700	1700	1550	1700	1700	1700	1700
	30	550	600	700	800	900	800	900	1000	1150	1300	1050	1200	1350	1550	1700	1300	1500	1700	1700	1700
	35	450	550	600	650	800	700	800	900	1000	1150	900	1050	1150	1300	1500	1150	1250	1450	1650	1700
	40	400	450	550	600	700	600	700	800	900	1000	800	900	1050	1150	1300	1000	1100	1300	1450	1650
	45	350	400	450	550	600	550	600	700	800	900	700	800	900	1050	1200	900	1000	1150	1300	1450
	50	350	350	450	500	550	500	550	650	700	800	650	750	850	950	1050	800	900	1050	1150	1350
	60	300	300	350	400	450	400	450	550	600	700	550	600	700	800	900	650	750	850	1000	1100
	70	250	250	300	350	400	350	400	450	500	650	450	550	600	700	750	600	650	750	850	950
	80		250	250	300	350	300	350	400	450	550	400	450	550	600	700	500	600	650	750	850
	90			250	250	300	300	300	350	400	500	350	400	500	550	600	450	500	600	650	750
	100				250	300	250	300	300	350	500	350	400	450	500	550	400	450	550	600	700
	110				250	250	250	250	300	350	450	300	350	400	450	500	350	450	500	550	600
	120					250		250	250	300	450	300	300	350	400	450	350	400	450	550	550
	130					250			250	300	400	250	300	350	350	450	300	350	400	500	550
	140								250	250	400	250	250	300	350	400	300	350	400	450	500
	150									250	350	250	250	300	350	350	300	300	350	400	450
	160									250	350		250	250	300	350	250	300	350	400	350
	170										350		250	250	300	350	250	300	300	350	300
	180										300			250	300	300	250	250	300	350	300
	190													250	250	300	250	250	300	300	250
	200														250	300		250	250	300	250
	210														250	250		250	250	250	200
	220														250	250			250	250	200

< Zestaw szyn zasilających 4000 A w obudowie Altis.

USTALANIE ODLEGŁOŚCI MIĘDZY WSPORNIKAMI SZYN ZASILAJĄCYCH

Maksymalna odległość D (mm) dla wsporników szyn wielobiegunowych o nr ref. 0373 24/25 i 0374 54, szyny o grubości 10 mm

Wsporniki		0373 24, 0373 25 i 0374 54								
Wymiary szyny		1 szyna na biegun			2 szyny na biegun			3 szyny na biegun		
		80 x 10	100 x 10	120 x 10	80 x 10	100 x 10	120 x 10	80 x 10	100 x 10	120 x 10
I_{pk}	20	1 700	1 700	1 700	1 700	1 700	1 700	1 700	1 700	1 700
(szczytowy)	25	1 600	1 700	1 700	1 700	1 700	1 700	1 700	1 700	1 700
(kÂ)	30	1 350	1 550	1 700	1 700	1 700	1 700	1 700	1 700	1 700
	35	1 150	1 300	1 450	1 700	1 700	1 700	1 700	1 700	1 700
	40	1 050	1 150	1 300	1 500	1 700	1 700	1 700	1 700	1 700
	45	900	1 050	1 150	1 350	1 550	1 700	1 700	1 700	1 700
	50	850	950	1 050	1 200	1 400	1 550	1 600	1 700	1 700
	60	700	800	850	1 000	1 150	1 300	1 350	1 550	1 700
	70	600	700	750	900	1 000	1 100	1 150	1 300	1 500
	80	550	600	650	750	900	1 000	1 000	1 150	1 300
	90	500	550	600	700	800	900	900	1 050	1 100
	100	450	500	550	600	700	800	850	900	950
	110	400	450	500	550	650	750	750	800	800
	120	350	400	450	550	600	650	700	750	750
	130	350	350	400	500	550	600	650	700	700
	140	300	350	400	450	500	600	600	650	650
	150	300	350	350	450	500	550	550	650	600
	160	250	300	350	400	450	500	550	600	500
	170	250	300	300	350	450	500	500	500	500
	180	250	300	300	350	400	450	500	450	450
	190	250	250	300	350	400	450	450	400	400
	200	200	250	300	300	350	400	450	400	400
	210	200	250	250	300	350	350	400	350	350
	220		250	250	300	350	300	350	300	300
	230		200	250	300	300	300	300	300	300
	240			200	250	300	250	300	250	250
	250			200	250	300	250	250	250	250

Wsporniki regulowane uzupełniające o nr ref. 0373 23 i 0373 25

Wsporniki regulowane uzupełniają wsporniki stałe i podtrzymują szyny między sobą, umożliwiając zachowanie zalecanych odległości.

Dobór szyn zasilających
(ciąg dalszy)

Maksymalna odległość D (mm) dla wsporników szyn wielobiegunowych o nr. ref. 0373 73/74 i 0373 75/76

Wsporniki		1 x 0373 73/74				2 x 0373 73/74		0373 75/76
Szyny		1 szyna o profilu C na biegun				2 szyny o profilu C na biegun		2 szyny o profilu C na biegun
		0374 60	0374 61	0374 62	0098 82	0374 62 + 0098 82	2 x 0098 82	2 x 0374 62
I_{pk}	15	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600
(szczytowy)	20	900	900	1000	1600	1600	1600	1600
(kÂ)	25	900	900	1000	1000	1600	1600	1600
	30	800	800	800	800	800	800	800
	35		800	800	800	800	800	800
	40		600	600	600	800	800	800
	45		600	600	600	800	800	800
	50		600	600	600	800	800	800
	60			500	600	600	600	600
	70			500	500	600	600	600

ZJAWISKA MAGNETYCZNE ZWIĄZANE Z ZESTAWAMI SZYN ZASILAJĄCYCH

Zjawiska magnetyczne można podzielić na magnetyczne przejściowe (siły elektrodynamiczne podczas zwarcia) i na magnetyczne stałe, które powstają przez indukcję spowodowaną przepływem prądu o dużym natężeniu. Zjawiska indukcyjne wiążą się z kilkoma skutkami.

• ze zwiększeniem impedancji przewodów, co z kolei wiąże się ze zjawiskiem indukcyjności wzajemnej.

• z nagrzewaniem, które wiąże się ze zjawiskiem nasycenia magnetycznego materiałów, z tworzeniem się pól magnetycznych wokół przewodów i z przepływem prądów wirowych.

• z ewentualnymi zakłóceniami urządzeń wrażliwych na działanie pól magnetycznych, w przypadku których należy przestrzegać zachowania odpowiednich odległości (patrz str. 158).

Należy zapobiegać tworzeniu się pól magnetycznych wokół zestawów szyn zasilających o dużej mocy. Konstrukcje rozdzielnic XL³ 4000 mają w sobie elementy niemagnetyczne (które tworzą szczeliny niemagnetyczne) i dzięki temu doskonale znoszą przepływ prądów o dużym natężeniu. W konstrukcji obudowy nie płyną prądy wirowe.

Naroża obudów XL³ 4000 są wykonane z niemagnetycznego stopu.

Pomiar pól magnetycznych wokół zestawów szyn zasilających

Znajomość zjawiska indukcji, którą wytwarzają przewody elektryczne, pozwala na dokładne określenie warunków montażu i odległości między aparatami.

Wartości pola magnetycznego wyraża się zazwyczaj w dwóch jednostkach:
• tesli (T) – jednostka ta przedstawia wartość indukcji magnetycznej skierowanej prostopadle do powierzchni 1 m^2, która tworzy na tej powierzchni strumień o wartości 1 webera (Wb). Tesla wyraża dużą wartość, dlatego zwykle używa się mniejszych jednostek: militesli (mT) lub mikrotesli (µT). Nie należy stosować dawnej jednostki – gausa (Gs), (1 T = 10 000 Gs),
• amperze na metr (A/m) – oznacza natężenie pola magnetycznego, które tworzy się w środku kołowego obwodu o średnicy 1 m, przez który przepływa prąd stały o wartości 1 A.

Indukcja B (T) i natężenie pola H (A/m) są powiązane między sobą następującym wzorem:

$B = \mu_0 \mu_r H$,

gdzie:
– $\mu_0 = 4 \times \pi\ 10^{-7}$ (przenikalność magnetyczna powietrza lub próżni),
– $\mu_r = 1$ (przenikalność względna stali).
Stąd: 1 µT = 1,25 A/m i 1 A/m = 0,8 µT.

Zalecane wartości odległości montażowych są związane z wartościami pola magnetycznego, które tworzy się wokół zestawów szyn zasilających przy natężeniu 4000 A:
0,1 mT (125 A/m) do 1 m (aparaty czułe),
0,5 mT (625 A/m) do 50 cm (aparaty mało czułe),
1 mT (1250 A/m) do 30 cm (aparaty bardzo mało czułe).

Zalecane odległości (patrz str. 159) między przewodami i urządzeniami należy zwiększać w przypadku montowania ich przy zestawach szyn zasilających o dużej mocy (do 4000 A).
Gdy producent nie podaje innych zaleceń, należy przestrzegać następujących minimalnych odległości:
– 30 cm w przypadku aparatów nieczułych na zakłócenia (rozłączniki, rozłączniki z bezpiecznikami, miejsca połączeń, wyłączniki mocy itd.),
– 50 cm w przypadku urządzeń mało czułych na zakłócenia (wyłączniki obwodowe, w tym wyłączniki różnicowoprądowe, przekaźniki, styczniki, transformatory itd.),
– 1 m w przypadku urządzeń czułych na zakłócenia (aparaty elektroniczne, aparaty pomiarowe cyfrowe, sieci informatyczne zdalne sterowanie, rozłączniki elektroniczne itd.),
– w przypadku aparatów bardzo czułych na zakłócenia (aparaty pomiarowe analogowe, liczniki, lampy kineskopowe itd.) odległości należy zwiększyć jeszcze bardziej.

Dobór szyn zasilających
(ciąg dalszy)

Przepływ prądów o dużej wartości w zestawach szyn zasilających indukuje pole magnetyczne zamykające się w metalowych elementach, które znajdują się w pobliżu (płyty, konstrukcje wsporcze w rozdzielnicy). Zjawisko to przypominające ekranowanie elektromagnetyczne (patrz str. 159) powinno być ograniczane z powodu ryzyka przegrzania elementów rozdzielnic i przepływu prądów indukowanych.

Minimalne odległości między szynami rozdzielnic a metalowymi płytami bocznymi

Zjawisko indukcji jest największe od płaskiej strony szyny (odległość X). Powyżej 2500 A należy zachowywać minimalne odległości:
X ⩾ 150 mm,
Y ⩾ 100 mm.

W praktyce wartości pól magnetycznych, które są generowane przez szyny zasilające, przekraczają w znaczny sposób znormalizowane wartości, na jakie mogą być narażone aparaty. W związku z tym należy stosować aparaty, które przeszły bardzo wymagające testy, tak aby mogły pracować bez uszkodzeń w warunkach działania pól magnetycznych.

Wsporniki zostały umieszczone na aluminiowych poprzeczkach, aby zapobiec powstawaniu obwodów magnetycznych.

Gwintowane trzpienie wykonane z niemagnetycznej stali Inox pełnią taką samą funkcję na wspornikach szyn zasilających o nr. ref. 0373 24.

Oprócz kwestii rozproszenia termicznego, która wiąże się z zastosowaniem obudów o odpowiednich wymiarach, należy również brać pod uwagę zjawiska indukcji magnetycznej w obudowach i dobierać ich wymiary w taki sposób, aby można było zachować wymagane odległości między szynami i przegrodami. Powyżej 2500 A może się to wiązać z wydzieleniem oddzielnych obudów do zamontowania zestawów szyn zasilających.

SPRAWDZANIE PARAMETRÓW IZOLACJI

Napięcie izolacji U_i

Napięcie izolacji powinno być większe lub równe maksymalnemu napięciu znamionowemu użytkowemu zestawu rozdzielnic. Napięcie znamionowe izolacji jest funkcją napięcia sieci zasilającej i sposobu połączeń uzwojeń wtórnych transformatora SN/nN (np. gwiazdy, trójkąta, z przewodem neutralnym lub bez).

Wartości napięcia znamionowego izolacji (V), które należy wziąć pod uwagę w zależności od znamionowego napięcia sieci

Napięcie znamionowe sieci zasilającej	Dla izolacji między fazami	Dla izolacji między fazami i przewodem neutralnym	
	Wszystkie rodzaje sieci	Sieci 3-fazowe, 4-przewodowe, przewód neutralny uziemiony	Sieci 3-fazowe, 3-przewodowe, nieuziemione lub uziemione
60	63	32	63
110 – 120 – 127	125	80	125
160	160	-	160
208	200	125	200
220 – 230 – 240	250	160	250
300	320	-	320
380 – 400 – 415	400	250	400
440	500	250	500
480 – 500	500	320	500
575	630	400	680
600	630	-	630
660 – 690	630	400	630
720 – 830	800	500	800
960	1000	630	1000
1000	1000	-	1000

Należy sprawdzić, czy napięcie znamionowe izolacji nie jest większe od napięcia izolacji U_i aparatów, szyn zasilających i bloków rozdzielczych.

Izolacja między przewodami czynnymi a uziemieniem wsporników szyn zasilających i bloków rozdzielczych produkcji Legrand jest co najmniej równa izolacji między fazami. Wartości napięcia izolacji U_i można stosować dla wszystkich typów sieci.

Dobór szyn zasilających
(ciąg dalszy)

Napięcie udarowe U_{imp}

Ta wartość charakteryzuje poziom dopuszczalnych przepięć o kształcie fali napięcia, która jest zbliżona do fali uderzenia pioruna.
Wartość napięcia udarowego (wyrażana w kV) zależy od napięcia sieci i od miejsca w instalacji. Napięcie to jest największe na początku instalacji (powyżej wyłącznika głównego lub w pobliżu transformatora).
Urządzenia mogą być oznaczone na dwa sposoby.
• Mogą być podane **dwie wartości** (np. 230/400 V): wartości te dotyczą sieci 3-fazowej, 4-przewodowej (połączenie w gwiazdę). Mniejsza wartość to wartość napięcia między fazą i przewodem neutralnym, większa wartość, to wartość napięcia między fazami.
• Może być podana tylko **jedna wartość** (np. 400 V): wartość ta odnosi się zwykle do sieci 1- lub 3-fazowej, bez uziemienia, gdzie napięcie między przewodem fazowym a ziemią może osiągnąć wartość napięcia międzyfazowego.

Wszystkie wymogi dotyczące izolacji są opisane w międzynarodowej normie IEC 60664-1 „Koordynacja izolacji urządzeń w układach niskiego napięcia".
Są one również powtórzone w normach EN 60439-1 i EN 60947-1.

Wartości napięć udarowych, które należy uwzględnić w zależności od napięcia i miejsca w instalacji

Największa wartość napięcia znamionowego łączeniowego do ziemi, prąd zmienny – wartość skuteczna lub prąd stały (V)	Preferowane wartości napięcia znamionowego udarowego wytrzymywanego (1,2/50 µs) na 2000 m n.p.m (kV)							
	Wymagania ogólne				Wymagania dla zasilania linią podziemną			
	Kategoria przepięciowa				Kategoria przepięciowa			
	IV	III	II	I	IV	III	II	I
	Poziom na początku instalacji	Poziom dystrybucyjny	Poziom obciążenia (aparatu, urządzenia)	Poziom specjalnie chroniony	Poziom na początku instalacji	Poziom dystrybucyjny	Poziom obciążenia (aparatu, urządzenia)	Poziom specjalnie chroniony
50	1,5	0,8	0,5	0,33	0,8	0,5	0,33	-
100	2,5	1,5	0,8	0,5	1,5	0,8	0,5	0,33
150	4	2,5	1,5	0,8	2,5	1,5	0,8	0,5
300	6	4	2,5	1,5	4	2,5	1,5	0,8
600	8	6	4	2,5	6	4	2,5	1,5
1000	12	8	6	4	8	6	4	2,5

Uwaga: Napięcie udarowe jest podane dla wysokości 2000 m n.p.m., oznacza to, że przy wysokości równej poziomowi morza napięcia te powinny być odpowiednio wyższe: 7,4 kV dla 6 kV; 9,8 kV dla 8 kV; 14,8 kV dla 12 kV.

Wsporniki szyn zasilających produkcji Legrand zostały opracowane i przetestowane do instalowania w najbardziej surowych warunkach, które odpowiadają najwyższemu poziomowi przepięć. Wartość U_{imp} charakteryzuje wymagany stopień bezpieczeństwa.

Parametry izolacji wsporników szyn zasilających (stopień zanieczyszczenia: 3)

Nr referencyjny wspornika	0373 98 0374 37	0373 15/96	0373 10/20/21/22/23/24/25 0374 14/32/36/53/54
U_i (V)	500	690	1000
U_{imp} (kV)	8	8	12

Koncepcja budowy wsporników izolacyjnych do szyn zasilających i bloków rozdzielczych

Napięcie izolacji U_i wsporników i bloków rozdzielczych określa się przez pomiar linii upływu, przez badanie jakości izolacji materiału i przez stopień zanieczyszczenia środowiska.

• Linia upływu jest wartością odległości mierzonej na powierzchni materiałów izolacyjnych w warunkach lub w pozycjach najbardziej niekorzystnych, między częściami czynnymi (fazami, fazami i przewodem neutralnym oraz między tymi częściami a masą).

• Jakość izolacji materiału charakteryzuje się między innymi przez stopień odporności na prądy błądzące. Im ta wartość jest wyższa, tym izolacja ulegnie mniejszemu zniszczeniu (wsporniki szyn zasilających produkcji Legrand wykonane z poliamidu 6.6 wzmocnionego włóknem szklanym mają stopień odporności, który wynosi 400).

• Stopień zanieczyszczenia środowiska określa się liczbą od 1 do 4, która oznacza ryzyko powstania przewodzącego osadu:
- 1: brak zanieczyszczenia,
- 2: brak zanieczyszczenia, okresowa kondensacja,
- 3: możliwe zanieczyszczenie przewodzące,
- 4: utrzymujące się zanieczyszczenie.

Stopień 2 odpowiada zastosowaniom w mieszkaniach lub w budynkach użyteczności publicznej.

Stopień 3 odpowiada zastosowaniom przemysłowym.

A. Elementy przewodzące
B. Ekran
C. Odległość w powietrzu lub odległość izolacji
D. Linia upływu

Ogólna zasada pomiaru odległości izolacyjnych i linii upływu.

Bloki rozdzielcze

Bloki rozdzielcze są urządzeniami rozdziału energii wykonanymi zgodnie z wymaganiami norm i posiadają określone parametry znamionowe. Niemniej jednak różnorodność bloków rozdzielczych, w zależności od pojemności, sposobów przyłączania i umiejscowienia w rozdzielnicy wymaga dobrego rozeznania przy ich wyborze tak, aby spełniały precyzyjnie wszystkie wymagania użytkownika. Szeroka i zróżnicowana oferta bloków rozdzielczych Legrand zaspokoi każde wymagania.

WYMAGANIA NORM

Urządzenie, które zabezpiecza przed przeciążeniami i zwarciami, musi być umieszczone w miejscu, gdzie następują zmiany przekroju przewodów, zmiany rodzaju przewodów oraz sposobu ich prowadzenia, co może powodować zmniejszenie obciążalności prądowej (IEC 60364-4-473).

Rozmieszczenie teoretyczne

Zabezpieczenie P_1 zabezpiecza przewód o przekroju S_1. Zabezpieczenie P_2 zabezpiecza przewód o przekroju S_2. Nie zmniejsza się przekroju przewodów przed P_2.

Gdyby stosować tę zasadę dosłownie, doprowadziłoby to do znacznego powiększenia przekrojów przewodów w warunkach zwarć. Norma dopuszcza więc, aby nie umieszczać aparatu zabezpieczającego na początku każdej odchodzącej linii przy spełnieniu dwóch warunków:

Aparat P_1 powyżej zabezpiecza linię o przekroju S_2...

...lub długość linii o przekroju S_2 nie przekracza 3 m i linia ta nie biegnie blisko materiałów łatwopalnych oraz podjęto wszystkie środki ostrożności, aby ograniczyć ryzyko występowania prądów zwarciowych.

Rozdział na kilku poziomach

Można zastosować takie rozmieszczenie, gdy kilka bloków rozdzielczych (na drugim poziomie) jest zasilanych przez zestaw szyn zasilających (na pierwszym poziomie). Jeśli suma pochodnych prądów na pierwszym poziomie (I_1, I_2 itd.) jest większa od I_t, należy wówczas zastosować aparat zabezpieczający P_2 na S_2.

Przekrój przewodów:
$S_3 \leq S_2$
$S_2 \leq S_1$

PARAMETRY BLOKÓW ROZDZIELCZYCH

Dzięki swojej wszechstronności bloki rozdzielcze nadają się do stosowania we wszystkich rodzajach instalacji.

Prąd znamionowy

Prąd znamionowy, często nazywany też natężeniem znamionowym (I_n), jest dobierany w zależności od wartości prądu znamionowego aparatu zabezpieczającego, znajdującego się w instalacji powyżej, lub przekroju przewodu zasilającego. Zgodnie z ogólną zasadą powinno się używać bloku rozdzielczego o tym samym lub nieco większym prądzie znamionowym co wartość prądu zabezpieczenia głównego (I_t), aby suma wartości prądów rozdzielonych obwodów nie była większa od wartość prądu znamionowego (I_n) bloku rozdzielczego.

Jeżeli obwody odbiorcze nie są jednocześnie obciążone (współczynnik jednoczesności) lub nie są obciążone w 100%, to można dobrać do instalacji jeden lub kilka bloków rozdzielczych o mniejszym prądzie znamionowym (patrz str. 266).

Blok rozdzielczy modułowy 125 A o nr. ref. 0048 88 wyposażony w dodatkową listwę zaciskową. >

Bloki rozdzielcze (ciąg dalszy)

Dopuszczalna wartość prądu zwarciowego

• Wartość I_{cw} charakteryzuje w sposób umowny dopuszczalną wartość prądu, który może popłynąć w czasie 1 sekundy bez wystąpienia uszkodzeń (w aspekcie obciążalności cieplnej).

• Wartość I_{pk} charakteryzuje maksymalną dopuszczalną wartość prądu zwarciowego szczytowego dla bloku rozdzielczego. Wartość ta powinna być większa od wartości prądu ograniczonego przez aparat zabezpieczający znajdujący się powyżej dla wartości spodziewanego prądu zwarciowego.

Wartość napięcia izolacyjnego

• Napięcie znamionowe izolacji U_i powinno być co najmniej równe maksymalnej wartości napięcia znamionowego użytkowego rozdzielnicy (patrz str. 463).

• Napięcie udarowe U_{imp} określa dopuszczalny poziom przepięć, które mogą wystąpić w przypadku wyładowań atmosferycznych (patrz str. 464).

Bloki rozdzielcze Legrand zaprojektowano tak, aby były odporne na oddziaływania termiczne przynajmniej o takiej wartości jak wartość całki Joule'a przewodu o przekroju, który odpowiada wartości prądu znamionowego, co oznacza w praktyce, że żadne dodatkowe sprawdzenie nie jest konieczne. Bloki rozdzielcze przetestowano w najtrudniejszych warunkach działania, które odpowiadają najwyższym przepięciom. Wartość U_{imp} charakteryzuje właśnie ten wymóg bezpieczeństwa.

Sprawdzanie wartości I_{pk} nie jest zwykle konieczne, gdy blok rozdzielczy jest zabezpieczany przez aparat o takim samym prądzie znamionowym. Wartość I_{pk} należy sprawdzać wówczas, gdy aparat powyżej ma większą wartość prądu znamionowego niż prąd znamionowy bloku rozdzielczego.

Troska o maksymalne bezpieczeństwo

Bloki rozdzielcze produkcji Legrand zostały zaprojektowane tak, aby zminimalizować ryzyko wystąpienia zwarć między biegunami. Mają one oddzielne izolacje pomiędzy listwami przyłączeniowymi, przegrody w większych blokach rozdzielczych, a bloki rozdzielcze 1-biegunowe o nr. ref. 0048 71/73/83 są całkowicie izolowane. Aby zagwarantować najwyższy stopień odporności na ogień (960°C przy próbie palności drutem żarowym, zgodnie z normą IEC 60695-2-1), bloki rozdzielcze firmy Legrand są wykonane ze specjalnie dobranych, trudnopalnych materiałów.

Bloki rozdzielcze modułowe 160 A o nr. ref. 0048 83: Całkowite odizolowanie każdego bieguna.

Parametry elektryczne bloków rozdzielczych

Rodzaj bloku			Nr referencyjny	I_n (A)	I^2t (A^2s)	I_{cw} (kA)	I_{pk} (kÂ)	U_i (V)	U_{imp} (kV)
Listwy przyłączeniowe nieizolowane, śrubowe	Bez wsporników		0048 01/03/05/06/07	63/100	1,2 10^7	3,5	17	400	8
	Na wspornikach		0048 20/22/24/25						
Listwy przyłączeniowe IP2X śrubowe	Zielone		0048 30/32/34/35/36/37/38						
	Niebieskie		0048 15/40/42/44/45/46/48						
	Czarne		0048 16/50/52/54/55/56/58						
	3P+N		0048 14						
	Z oznacznikami		0048 12						
Listwy przyłączeniowe IP2X zaciski sprężynowe	Zielone		0049 60/61/62/64						
	Szyny rozdzielcze		0373 16/17/18	250	1,2 x 10^8[1]	10,5	60	660	8
	Mostki łączeniowe	6 mm²	0048 91/92/93/94	40	0,6 x 10^6[1]	0,81	-	-	-
		10 mm²	0048 95/96/97/98	63	1,8 x 10^6[1]	1,35	-	-	-
Bloki rozdzielcze modułowe	Typu monoblok		0048 81/85	40	0,9 x 10^7	3	20	500	8
			0048 80/84	100	2 x 10^7	4,5	20		
			0048 82/88	125	2 x 10^7	4,5	18		
			0048 86	160	1,8 x 10^7	4,2	14,5		
			0048 77	250	6,4 x 10^7	8	27		
	1-biegunowe		0048 71	125	3,6 x 10^7	6	23		
			0048 83	160	1 x 10^8	10	27		
			0048 73	250	3,2 x 10^8	18	60		
Duże bloki rozdzielcze	Z przyłączeniem śrubowym		0374 47	125	1,1 x 10^7	4,1	25	500	8
			0374 00	250	3,2 x 10^8	8/12[2]	60	1000	12
	Z przyłączeniem śrubowym, szynowe		0373 95	125	1,7 x 10^7	4,1	20	600	-
			0374 30	125	7,4 x 10^7	8,5	35	1000	12
			0374 31	160	1 x 10^8	10	35		
			0374 35	250	2,1 x 10^8	14,3	35		
			0373 08	400	3,4 x 10^8	17	50/75[3]		
Bloki rozdzielcze przelotowe			0374 80	300	2,1 x 10^8	14,5	>60	-	10
			0374 81	400	4,9 x 10^8	22,2	>60	-	12

(1) Energia termiczna ograniczona przez aparat powyżej powinna być mniejsza od I^2t bloku rozdzielczego, a energia termiczna ograniczona przez aparat poniżej powinna być mniejsza od I^2t mostka łączeniowego. Należy dopasować, jeśli to konieczne, przekrój mostka.
(2) Przyłącza dolne/przyłącza górne
(3) Odległości między szynami 50 mm/60 mm

^ Blok rozdzielczy 160/250 A o nr. ref. 0374 00.

^ Szyna rozdzielcza o nr. ref. 0048 75.

^ Blok rozdzielczy 400 A o nr. ref. 0373 08.

Bloki rozdzielcze (ciąg dalszy)

Wartość spodziewana skuteczna dopuszczalna I_k szyny rozdzielczej w zależności od koordynacji aparatu powyżej i poniżej w instalacji

Zabezpieczenie obwodowe	I_n (A)	Przekrój mostka łączeniowego (mm²)	Zabezpieczenie główne				
			DPX 125 (kA)	DPX 160 (kA)	DPX 250 ER (kA)	DPX 250 (kA)	DPX 630 (kA)
S 300 6000	20	6	35	35	50	50	50
	od 25 do 40	6	35	50	50	50	50
	od 50 do 63	10	25	35	30	30	30
S 310 10 000	40	6	35	50	50	50	50
	od 50 do 63	10	25	35	35	35	30

+ Zastosowanie szyn rozdzielczych pozwala na wyeliminowanie niebezpieczeństwa związanego z występowaniem prądów zwarciowych między aparatami poniżej i powyżej w instalacji (patrz przepisy norm). Izolowane mostki łączeniowe są zabezpieczane przez aparat powyżej.

Dopuszczalna wartość całki Joule'a dla przewodów izolowanych PCV

	S (mm²)	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95
Miedź	I^2t (A^2s)	$0,3 \times 10^5$	$0,8 \times 10^5$	$0,2 \times 10^6$	$0,5 \times 10^6$	$1,3 \times 10^6$	$3,4 \times 10^6$	$8,3 \times 10^6$	$1,6 \times 10^7$	$3,3 \times 10^7$	$6,4 \times 10^7$	$1,2 \times 10^8$
	I_{cw} (kA)	0,17	0,29	0,46	0,69	1,15	1,84	2,9	4	5,7	8	10,9
Aluminium	I^2t (A^2s)					$5,7 \times 10^5$	$1,5 \times 10^6$	$3,6 \times 10^6$	7×10^6	$1,4 \times 10^7$	$2,8 \times 10^7$	$5,2 \times 10^7$
	I_{cw} (kA)					0,76	1,2	1,9	2,7	3,8	5,3	7,2

< Blok rozdzielczy z przyłączeniem śrubowym 250 A o nr. ref. 0374 00. Bardzo wysoka odporność na prądy zwarciowe (60 kA), przykład rozdziału energii w głównej części rozdzielnicy.

Sposób przyłączania

Przyłączanie bezpośrednie

Przewody są bezpośrednio przyłączane do zacisków, bez specjalnego przygotowania. Jest to preferowany sposób przyłączania w przypadku przewodów sztywnych (drut) i kabli. W przypadku przewodów giętkich (linka) zaleca się stosowanie końcówek kablowych typu Starfix, które podłącza się bezpośrednio do zacisków.

Przyłączanie przez końcówki kablowe

Ten rodzaj przyłączania jest powszechnie stosowany w przypadku przewodów o dużych przekrojach, częściej stosuje się takie przyłączenia w rozdzielnicach prefabrykowanych.
Ten rodzaj przyłączenia gwarantuje dobrą wytrzymałość mechaniczną, dobre połączenie elektryczne i możliwość łatwego przyłączania i odłączania.

Zależność między przekrojem przewodu w mm² a rozmiarem końcówki (średnica w mm)

Przekrój (mm²)	Rozmiar końcówki dla przewodu okrągłego – drut (IEC 60947-1)	Rozmiar końcówki dla linki przyłączanej, bez użycia końcówki kablowej lub z końcówką kablową
	Ø w mm	Ø w mm
1	1,5	2
1,5	1,9	2,4
2,5	2,4	2,9
4	2,7	3,7
6	3,5	4,4
10	4,4	5,5
16	5,3	7
25	6,9	8,9
35	8,2	10
50	10	12
70	12	14

Listwy przyłączeniowe 63/100 A, bloki rozdzielcze modułowe 125/160 A i szyny rozdzielcze 250 A umożliwiają wykonanie przyłączania bezpośrednio do aparatu. Bloki rozdzielcze 125/250 A i 125/400 A przyłącza się przy zastosowaniu końcówek kablowych.

Modułowe bloki listew rozdzielczych. >

Bloki rozdzielcze (ciąg dalszy)

RÓŻNE RODZAJE BLOKÓW ROZDZIELCZYCH

Sposób montowania w rozdzielnicy i opisane wcześniej parametry bloków rozdzielczych, takie jak prąd znamionowy, wytrzymałość na prądy zwarciowe, wytrzymałość izolacji, ilość i wielkość odpływów oraz sposób przyłączania, umożliwiają dobór odpowiedniego bloku rozdzielczego.

Oferta bloków rozdzielczych firmy Legrand odpowiada na każdy rodzaj zapotrzebowania, bloki są łatwe w montażu i gwarantują całkowite bezpieczeństwo.

Możliwe sposoby montażu bloków rozdzielczych

Na górze lub na dole rozdzielnicy, przez przyłączenie przewodów zasilających lub odpływowych

Bezpośrednio na wyjściu aparatu powyżej (zaciski wyjściowe)

Bezpośrednio na wejściu aparatów poniżej (szyny łączeniowe, szyny rozdzielcze)

Pomiędzy aparatem poniżej i powyżej (przy konieczności połączenia wejścia aparatu poniżej z wyjściem aparatu powyżej)

Bezpośrednio na wyjściu aparatu powyżej i na wejściu aparatu poniżej, bez konieczności okablowania, realizowane jednocześnie z montażem aparatów. Jest to najlepsza koncepcja (tę metodę realizuje XL-Part)

Listwy przyłączeniowe

Uniwersalne listwy przyłączeniowe umożliwiają wykonanie rozdziału prądów do 100 A. Liczba odejść w tych listwach wynosi od 4 do 35 w zależności od wykonania. Przekroje przewodów zasilających – od 4 do 25 mm², przekroje przewodów odpływowych – od 4 do 16 mm². Montuje się je na specjalnym wsporniku listew przyłączeniowych 12 x 2 lub na wsporniku TH 35.

Listwy przyłączeniowe

Listwy przyłączeniowe nieizolowane montuje się bezpośrednio na wsporniku listew przyłączeniowych 12 x 2 (nr ref. 0048 19).

Zamocowanie listew przyłączeniowych IP2X za pomocą uchwytów o nr. ref. 0048 10 umożliwia poszerzenie przyłączalności modułowych bloków rozdzielczych.

Wspornik listew przyłączeniowych o nr. ref. 0048 18 wyposażony w 28 zacisków umożliwia wykonanie odpływów i zasilań przy użyciu standardowych listew przyłączeniowych lub listew IP2X.

Za pomocą uniwersalnej podstawy o nr. ref. 0048 11 można każdy rodzaj listwy przyłączeniowej zamontować na wsporniku ⊔ lub ⊏.

Bloki rozdzielcze (ciąg dalszy)

Szyny łączeniowe do aparatów modułowych

Szyny łączeniowe, przez bezpośrednie przyłączenie, zasilają aparaty modułowe Lexic do 90 A.
Szyny łączeniowe są dostępne w wersji 1-, 2-, 3- i 4-biegunowej, w wykonaniach grzebieniowych i sztyftowych.
Zastosowanie szyn łączeniowych gwarantuje elastyczne rozwiązanie, gdyż szyny zajmują mało miejsca. Jest to idealny sposób rozdziału energii w rzędzie.

^Zasilanie szyny łączeniowej przez zastosowanie uniwersalnego zacisku o nr. ref. 0049 06.

^Rozdział przy użyciu szyny łączeniowej 4-biegunowej o nr. ref. 0048 54, wyposażonej w osłonki końcówek o nr. ref. 0049 91.

Aparaty modułowe są tak zbudowane, że w przypadku braku potrzeby przyłączania szyny jej końcówka jest lokowana w specjalnej wnęce (bez potrzeby jej ucinania).

Możliwość łączenia wszystkich dostępnych funkcji w jednym rzędzie dzięki konstrukcji aparatów modułowych. Zabezpieczenia, sterowanie i sygnalizacja zostały tu zgrupowane w jednej strefie okablowania.

Szyny łączeniowe pionowe: rozdział zasilania od górnego rzędu na pozostałe (wykonania dla rozdzielnic 2-, 3- i 4-rzędowych, rozstaw między rzędami wynosi 150 mm).

Szyny rozdzielcze

Szyna rozdzielcza to urządzenie, przy użyciu którego można ze źródła powyżej (tzn. z aparatu lub z szyn zasilających) zasilać aparaty modułowe. Połączenia w kształcie zatrzaskowych klipsów ułatwiają szybką wymianę aparatu i zrównoważenie faz. Jest to rozdział energii w rzędzie przy użyciu mostków łączeniowych 120 mm. Zestaw szyna + rząd modułowy można osłonić przy użyciu maskownicy o wysokości 200 mm.
Jedna szyna rozdzielcza może również zasilać kilka rzędów przy użyciu mostka łączeniowego o długości 320 mm.

^ Szyny rozdzielcze zasilane przez zestaw szyn zasilających tylnych 250 A.

Blok rozdzielczy rzędowy XL-Part

„Aktywne wsporniki" umożliwiają zasilanie i rozdział energii w rzędzie, zasilając od dołu aparaty dla prądów do 400 A (patrz str. 482).

^ Zasilanie i rozdział energii na jednym wsporniku

Przyłącza rozdzielcze

1-biegunowe przyłącza montuje się bezpośrednio na zaciskach aparatów DPX 125, 160 i 250 ER oraz na zaciskach rozłączników Vistop od 100 do 160 A. Przyłącza te umożliwiają wykonanie prostego i bezpośredniego rozdziału w rozdzielnicach o ograniczonej ilości obwodów odbiorczych.

^ 6 odpływów 35 mm² drut (lub 25 mm² linka) w przyłączu rozdzielczym o nr. ref. 0048 67.

Bloki rozdzielcze (ciąg dalszy)

Bloki rozdzielcze modułowe

Bloki te łączą kompaktową budowę i możliwość wykonania dużej liczby przyłączeń.
Montuje się je za pomocą zatrzasku na wsporniku TH 35 (EN 60715). Bloki rozdzielcze modułowe produkcji Legrand są całkowicie izolowane: stosuje się je w głównej części rozdzielnicy do 250 A lub łączy w zestawy odpływowe w rozdzielnicach o większej mocy.

< Blok rozdzielczy 1-biegunowy zamontowany na wsporniku TH 35. Całkowite odizolowanie wszystkich biegunów i rozdział energii od 125 do 250 A.

^ Uniwersalne bloki rozdzielcze znajdują zastosowanie we wszystkich rodzajach rozdzielnic.

^ Blok rozdzielczy modułowy 250 A o nr. ref. 0048 77 można również zamontować w głównej części rozdzielnicy, na podstawie montażowej.

Bloki rozdzielcze z przyłączeniem śrubowym

Niewielkie wymiary tych bloków i duże wartości prądów znamionowych sprawiają, że w jednej rozdzielnicy o małej głębokości można pomieścić aparaty o dużej mocy (do 250 A) oraz rzędy aparatów modułowych.

< Duże prądy znamionowe, możliwość przyłączania przewodów o dużych przekrojach i kompaktowa budowa to podstawowe zalety bloków rozdzielczych z przyłączeniem śrubowym.

Bloki rozdzielcze szynowe

Tego typu bloki występują w ofercie jako kompletne lub do samodzielnego montażu od 125 do 400 A.
W wersji do składania szyny i wsporniki należy zamawiać oddzielnie. Można wykonywać rozdział energii wg indywidualnych potrzeb każdej rozdzielnicy.

< Blok rozdzielczy szynowy 125 A.

< Blok rozdzielczy szynowy 250 A o nr. ref. 0374 35.

Bloki rozdzielcze przelotowe

Zostały zaprojektowane tak, aby połączyć przewody zasilania o dużym przekroju, w tym również przewody aluminiowe z przewodami, które stosuje się do okablowania rozdzielnic. Dostępne są dwa modele bloków rozdzielczych przelotowych:
– 120 mm²/70 mm² (nr ref. 0374 80),
– 300 mm²/185 mm² (nr ref. 0374 81).
Mogą one być stosowane także w obwodach odpływowych wykonanych z przewodów z aluminium lub tam, gdzie długość linii wymaga konieczności zastosowania przewodów o dużych przekrojach.

Bloki rozdzielcze przelotowe spełniają wymogi normy EN 60947-1.
Oba rodzaje bloków przelotowych mają bardzo solidne przyłącza aluminiowe, które doskonale przeszły próby starzenia.

Poprzez przemieszczenie docisków przewodów można uzyskać różne konfiguracje połączeń (przelotowe rozgałęźne z przecięciem lub bez przecięcia żyły przewodu).

Przedłużenie Rozdzielenie Odgałęzienie

Połączenie między dwoma blokami rozdzielczymi przelotowymi przy użyciu szyny łączeniowej dostarczanej w komplecie.

Wsporniki XL-Part

Legrand – przy zastosowaniu tej nowoczesnej koncepcji, całkowicie przeprojektował sposób rozdziału energii, łącząc rozdział energii i zabezpieczenie w jedną całość. Zestaw szyn zasilających tworzy rodzaj konstrukcji wsporczej, którą łatwo można dostosować do różnych sytuacji (w zakresie prądów użytkowych od 400 do 1600 A, a prądów zwarciowych od 40 do 180 kA wartości szczytowej) w zależności od konfiguracji montażu.
Rozdział mocy wykonuje się przez bezpośrednie podłączenie aparatów do „aktywnych pleców" (patrz str. 486).

^ Wspornik XL-Part 1600 A.

Bloki rozdzielcze (ciąg dalszy)

RÓWNOWAŻENIE OBCIĄŻEŃ FAZ

Dobrze zaprojektowana instalacja nie powinna wymagać równoważenia obciążeń faz po jej wykonaniu. Istnieją jednak problemy, np.:
- obciążenia nie zawsze mogą być dobrze rozpoznane (zasilane z gniazd),
- obciążenia mogą być nieregularne, a nawet przypadkowe: domy letniskowe, budynki biurowe itd.

Obciążenia 3-fazowe związane z zasilaniem silników, z ogrzewaniem, z klimatyzacją, z piecami i ogólnie z każdym urządzeniem zasilanym bezpośrednio z sieci 3-fazowej, nie generują znaczącego braku symetrii. Natomiast wszystkie urządzenia domowe (oświetlenie, ogrzewanie, sprzęt AGD), jak i również biurowe (sprzęt komputerowy, ekspres do kawy) dają obciążenia 1-fazowe, które należy zrównoważyć.

Rząd odpływów 1-fazowych zasilanych przez DPX 125 (100 A)

Faza 1 zasila: 2 x S 300 32 A, 2 x S 300 20 A, 1 x S 300 10 A
Faza 2 zasila: 1 x S 300 32 A, 2 x S 300 20 A, 3 x S 300 10 A
Faza 3 zasila: 1 x S 300 32 A, 3 x S 300 20 A, 1 x S 300 10 A

Przewód neutralny powinien mieć taki sam przekrój, jak przewód fazowy:
- w obwodach 1-fazowych – niezależnie od przekroju,
- w obwodach wielofazowych – dla przekroju przewodu fazowego do 16 mm² w miedzi i 25 mm² w aluminium.
Powyżej tych wartości, przekrój przewodu neutralnego powinien być zmniejszony przy uwzględnieniu warunków obciążenia, oddziaływań termicznych związanych z występowaniem prądów zwarciowych oraz harmonicznych (patrz str. 276).

Przerwanie przewodu neutralnego

W przypadku przerwania przewodu neutralnego punkt neutralny przesuwa się w zależności od obciążenia każdej fazy. Im większe jest obciążenie jednej fazy (faza 1 na schemacie obok), tym mniejsza jest jej impedancja; $\vec{V}_1$ maleje, $\vec{V}_2$ i $\vec{V}_3$ zwiększają się i mogą osiągnąć wartość napięcia międzyfazowego na fazach najmniej obciążonych, które zwykle zasilają najbardziej czułe aparaty.

Prądy i napięcia w sieci 3-fazowej, połączenie w gwiazdę

Układ zrównoważony

$Z_1 = Z_2 = Z_3$

$I_1 = I_2 = I_3$

$I_1 + I_2 + I_3 = 0$

$\vec{V_1} = \vec{V_2} = \vec{V_3} = \vec{V}$

$\vec{V_1}, \vec{V_2}, \vec{V_3}$: napięcia fazowe

$\vec{U_{12}}, \vec{U_{23}}, \vec{U_{31}}$: napięcia międzyfazowe

$\vec{U_{12}} = \vec{V_1} - \vec{V_2}$

$\vec{U_{23}} = \vec{V_2} - \vec{V_3}$

$\vec{U_{31}} = \vec{V_3} - \vec{V_1}$

$U = V \times \sqrt{3}$

$(400 = 230 \times \sqrt{3})$

$(230 = 127 \times \sqrt{3})$

Układ niezrównoważony z przewodem neutralnym

$Z_1 \neq Z_2 \neq Z_3$

$I_1 \neq I_2 \neq I_3$

$I_1 + I_2 + I_3 = I_n$

$\vec{V_1} = \vec{V_2} = \vec{V_3} = \vec{V}$

Napięcia fazowe są zrównoważone.
Przewód neutralny pozwala na zachowanie równowagi napięć fazowych V, umożliwiając przepływ wynikający z braku równowagi obciążeń. Umożliwia również przepływ prądu związanego z obecnością harmonicznych.

Układ niezrównoważony bez przewodu neutralnego

$Z_1 \neq Z_2 \neq Z_3$

$I_1 \neq I_2 \neq I_3$

$I_1 + I_2 + I_3 = 0$

$\vec{V_1} \neq \vec{V_2} \neq \vec{V_3}$

Napięcia fazowe V nie są zrównoważone, nawet wtedy, gdy napięcia międzyfazowe U są równe.

Bloki rozdzielcze (ciąg dalszy)

Prądy i napięcia w sieci 3-fazowej, połączenie w trójkąt

Układ trójkąta zrównoważony

$Z_1 = Z_2 = Z_3$

$J_1 = J_2 = J_3$

$\vec{I_1} = \vec{I_2} = \vec{I_3} = 0$

J: prądy fazowe

I: prądy wynikowe

$\vec{I_1} = \vec{J_1} - \vec{J_3}$

$\vec{I_2} = \vec{J_2} - \vec{J_1}$

$\vec{I_3} = \vec{J_3} - \vec{J_2}$

$I = J \times \sqrt{3}$

Układ trójkąta niezrównoważony

$Z_1 = Z_2 = Z_3$

$J_1 = J_2 = J_3$

$I_1 = I_2 = I_3$, ale $\vec{I_1} = \vec{I_2} = \vec{I_3} = 0$

Brak równowagi nie ma wpływu na napięcie w przypadku układu trójkąta, ale zrównoważenie prądów jest konieczne, aby uniknąć przepięć na linii (jedna faza przeciążona) i ograniczyć spadki napięć.

Ilość obwodów odpływowych

W instalacji 3-fazowej zaleca się rozdzielenie poszczególnych obwodów na każdej fazie, uwzględniając moc, współczynnik użytkowania (stosunek rzeczywistego poboru mocy do mocy znamionowej), współczynnik działania (stosunek czasu działania i czasu wyłączenia, który należy zrównoważyć z godzinami działania) oraz współczynnik jednoczesności (stosunek obciążenia obwodów, które działają jednocześnie, do maksymalnego obciążenia wszystkich obwodów). Patrz str. 266.
Rozdział energii umożliwia zoptymalizowanie zarządzania energią elektryczną.

Maksymalna ilość punktów oświetleniowych lub gniazd wtykowych zasilanych przez jeden obwód wynosi 8.
Obwody specjalne lub tzw. obwody mocy (ogrzewacze wody, piece elektryczne, zmywarki do naczyń) powinny być stosowane zgodnie z przeznaczeniem.
Maksymalna ilość urządzeń grzewczych musi być dobrana starannie, tak aby można było zapewnić ciągłe działanie instalacji.

Przekroje kabli i prądy znamionowe urządzeń zabezpieczających w zależności od rodzaju obwodu

Należy przestrzegać wymaganych minimalnych przekrojów przewodów podczas równoważenia faz. Każdy obwód powinien być zabezpieczany przez odpowiednie urządzenie zabezpieczające.

Obwód 1-fazowy 230 V		Przekroje przewodów miedzianych (mm²)	Prąd znam. wkładki topikowej (A)	Prąd znam. wyłącznika (A)
Obwód sygnalizacyjny		0,75/1	2	6
Obwód oświetleniowy	max 8	1,5	10	16
Obwód gniazd 16 A	max 8 max 5	2,5 1,5	16	20 16
Obwód podgrzewacza wody		2,5	16	20
Obwody pralki, suszarki bębnowej, pieca		2,5	16	20
Kuchenki elektryczne	1-fazowe 3-fazowe	6 2,5	32 20	32 20
Obwód ogrzewania elektrycznego	2250 W 4500 W	1,5 2,5	10 16	10 20

Ograniczniki poboru prądu firmy Legrand – 1-fazowe o nr ref. 003810/11 i 3-fazowe o nr ref. 003813 – umożliwiają kontrolowanie poboru mocy w każdej fazie. Dzięki temu można uniknąć nieoczekiwanych wyłączeń związanych z przeciążeniem lub brakiem równowagi faz (współczynnik jednoczesności). Programatory pozwalają na przesuwanie okresu pracy urządzeń i dopasowanie poboru prądu do czasu (współczynnik działania). Liczniki energii i aparaty pomiarowe wskazują napięcie, prąd i rzeczywisty pobór mocy, co umożliwia zoptymalizowanie współczynnika użytkowania urządzeń.

Programator ogrzewania o nr. ref. 0038 18.

Ogranicznik poboru prądu o nr. ref. 0038 10.

Programator czasowy o nr. ref. 0047 61.

Licznik energii elektrycznej o nr. ref. 0046 74.

Optymalny rozdział energii XL-Part

Optymalny rozdział energii proponowany przez firmę Legrand łączy mechaniczny sposób zamontowania aparatów i podłączenia elektryczne. Czas poświęcony na wykonanie okablowania rozdzielnicy oraz liczba używanych do tego celu przewodów zostały w ten sposób znacznie zmniejszone. Ulepszono również jakość i bezpieczeństwo instalacji.

Systemy rozdzielcze XL-Part dzielą się na dwie uzupełniające się grupy: rozdział prądu w rzędzie aż do 400 A oraz rozdział prądu pionowy do 1600 A.
Ten sposób rozdziału energii ułatwia rozmieszczanie aparatów w rozdzielnicy zarówno aparatów modułowych, jak i aparatów DPX w rozdzielnicach XL³ od 400 do 4000 A.
Wszystkie rozwiązania systemu XL-Part umożliwiają wykonanie bezpośrednich połączeń między blokami rozdzielczymi i szynami zasilającymi lub między zaciskami wejść i wyjść aparatów.

XL-Part 100

Rozdział energii w rzędzie dla aparatów 3- lub 4-biegunowych.

XL-Part 125

Rozdział energii w rzędzie dla aparatów 1-, 2-, 3- lub 4-biegunowych.

Wspornik XL-Part

SYSTEM XL-PART, ROZDZIAŁ ENERGII W RZĘDZIE

1 XL-Part 100

Bloki rozdzielcze rzędowe XL-Part 100 umożliwiają, w zależności od modelu, zasilanie rzędów aparatów modułowych 3- i 4-biegunowych do 63 A (1 moduł na biegun). Bloki rozdzielcze montuje się przez zatrzaśnięcie bezpośrednio na profilu aluminiowym o nr. ref. 0202 00 (wspornik TH 35, 24 modułowy) w rozdzielnicach XL^3 400, 800 i 4000. Dzięki systemowi plug-in w wyłącznikach S 310, P 300, podłączenie do styków bloku rozdzielczego jest wykonywane jednocześnie z zamocowaniem aparatu na wsporniku. Zasilanie bloku rozdzielczego jest wykonywane przez zaciski górne jednego z aparatów w rzędzie. Bloki rozdzielcze można docinać zależnie od ilości przyłączanych aparatów.

< Osłony z możliwością docinania zapewniają ochronę IPXXB nie używanych styków.

Maksymalny dopuszczalny prąd dla jednego bloku rozdzielczego wynosi 100 A, jednak na zaciskach aparatów prąd ten może wynieść maksymalnie 80 A. Aby obciążyć blok rozdzielczy prądem o wartości nominalnej, konieczne jest zasilenie go przez przewody podłączone do aparatów, które znajdują się w środku rzędu.

2 XL-Part 125

Blok rozdzielczy XL-Part 125 składa się z profilu izolacyjnego o długości 24 modułów. Blok ten ma wbudowane 4 szyny miedziane, montuje się na nim moduły łączeniowe 1-biegunowe lub 1-biegunowe + N, które umożliwiają zasilanie aparatów. Połączenie elektryczne wykonuje się przy pomocy systemu plug-in w przypadku wyłączników S 310 (1P, 2P, 3P i 4P, 1 moduł na biegun). W przypadku aparatów S 300 połączenie wykonuje się przewodowo (do 32 A). Podobnie jak w systemie XL-Part 100, także XL-Part 125 można stosować we wszystkich rozdzielnicach XL^3 (XL^3 400, 800 i 4000).

Blok rozdzielczy XL-Part 125 zatrzaskuje się bezpośrednio na aluminiowym profilu o nr. ref. 0202 00.

Do 80 A zasilanie bloku rozdzielczego można wykonywać przez zaciski górne jednego z aparatów. Powyżej 80 A należy stosować specjalne moduły zasilające wyposażone w zacisk klatkowy 35 mm^2 (maksymalnie 100 A). Dowolność ułożenia modułów przyłączeniowych na poszczególnych biegunach bloku rozdzielczego umożliwia zachowanie pewnej elastyczności przy wykonywaniu rozdziału energii w rzędzie. Aparaty modułowe montuje się bez użycia narzędzi przez zwykłe zatrzaśnięcie. Część przednia szyn jest izolowana i ma stopień ochrony IP2X.

< System XL-Part 125 umożliwia zamontowanie aparatów 1-, 2-, 3- i 4-biegunowych w jednym rzędzie.

Optymalny rozdział energii XL-Part (ciąg dalszy)

3 Bloki rozdzielcze rzędowe XL-Part 250 i XL-Part 400

Bloki rozdzielcze rzędowe składają się z poziomego zestawu szyn zasilających 4-biegunowych. Montuje się je na czterech rodzajach podstaw:
– podstawach 4-biegunowych pod aparaty DPX 125, 160, 250 ER i wraz z blokami różnicowoprądowymi oraz DPX-IS 250 (podłączenie aparatów przez szyny miedziane z wkrętami),
– podstawach plug-in do aparatów modułowych 1-, 2-, 3- i 4-biegunowych, 1 moduł na biegun do 63 A (podłączenie automatyczne aparatów przez wbudowany system plug-in),
– podstawach 1-, 2-, 3- i 4-biegunowych do aparatów modułowych do 125 A (podłączenie do zacisków śrubowych aparatów),
- podstawach uniwersalnych, bez połączenia elektrycznego do wszystkich aparatów, które są bezpośrednio zasilane przez blok rozdzielczy (bloki różnicowoprądowe, przekaźniki bistabilne, styczniki, aparaty pomiarowe itd.).

Różne podstawy pod aparaty

Podstawa pod DPX

Podstawa plug-in pod aparat modułowy

Podstawa pod aparat modułowy

System XL-Part 250 i XL-Part 400 montuje się na profilach pionowych w rozdzielnicach i maskuje przy użyciu standardowych osłon z wycięciem pod aparaty modułowe o wysokości 200 lub 300 mm, w zależności od zainstalowanego aparatu.

< Połączenie elektryczne i mocowanie mechaniczne podstaw na bloku rozdzielczym wykonuje się podczas jednej operacji.

Miedziane złącza na podstawach pod DPX podłącza się do górnych zacisków wyłączników DPX (aparat jest wówczas zasilany przez blok rozdzielczy) lub do zacisków dolnych (wówczas aparat główny zasila blok rozdzielczy).

XL-Part 250

Te bloki rozdzielcze można montować w rozdzielnicach XL^3 400, 800 i 4000.
Są dostępne w dwóch wersjach:
– z zasilaniem bezpośrednio przez szyny pionowe o profilu C („aktywne plecy" w XL^3 400, wspornik XL-Part 800 w XL^3 800 i 4000),
– z zasilaniem pośrednim przez aparat główny w rzędzie.

< Podłączenie bloku rozdzielczego rzędowego o nr. ref. 0373 36 do „aktywnych pleców" w rozdzielnicy XL^3 400.

< Podłączanie podstawy pod blok różnicowoprądowy: zasilanie pośrednie bloku rozdzielczego przez wyłącznik główny.

XL-Part 400

Ten rodzaj bloku rozdzielczego montuje się wyłącznie w rozdzielnicach XL³ 4000. Używa się tych samych podstaw pod aparaty co w przypadku bloków rozdzielczych XL-Part 250. Można go instalować samodzielnie lub razem ze wspornikiem XL-Part 1600 (zasilanie bezpośrednio na szynach o profilu C przez zestaw przyłączeniowy o nr. ref. 0373 19).

Zasilanie bloku rozdzielczego XL-Part 400

Zasilanie bezpośrednio przez wspornik XL-Part 1600 przy zastosowaniu zestawu przyłączeniowego o nr. ref. 0373 19.

Zasilanie pośrednie przez główny wyłącznik w rzędzie (DPX).

Stopień ochrony IPXXB

Podstawy pod DPX są dostarczane razem z osłonami zacisków, a podstawy plug-in są wyposażone w osłonę, która zabezpiecza nieużywane styki.

Izolacyjny zestaw ochronny o nr. ref. 0098 79 umożliwia izolowanie dostępnych przednich i tylnych części szyn w blokach rozdzielczych XL-Part 250 i 400.

Parametry bloków rozdzielczych rzędowych XL-Part

	XL-Part 100	XL-Part 125	XL-Part 250	XL-Part 400	Podstawy pod aparaty modułowe	Podstawy pod DPX
Napięcie znamionowe U_e (V)	230/400	230/400	690	690	230/400	690
Prąd znamionowy I_n (A)	80-100	125	250	250/400	32-63-80-125	125-160-250
Częstotliwość znamionowa (Hz)	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60
Prąd krótkotrwały wytrzymywany I_{cw} (kA) przy 400 V/1 s			25	25		
Prąd szczytowy maksymalny wytrzymywany I_{pk} (kA)			52,5	52,5		
Prąd zwarciowy maksymalny I_{cc} (kA)	6/25	6/25	50	50		
Napięcie izolacji U_i (V)	500	690	1000	1000	690	1000
Napięcie udarowe U_{imp} (kV)	6	6	8	8	8	8

Optymalny rozdział energii XL-Part (ciąg dalszy)

SYSTEM ROZDZIAŁU XL-PART W PIONIE

1 „AKTYWNE PLECY” XL-Part 400

„Aktywne plecy” to zestaw szyn zasilających – pionowych, 4-biegunowych, o bardzo małych wymiarach – dostosowany wyłącznie do rozdzielnic XL³ 400. Rozdzielnice te są wyposażone fabrycznie (obudowy klasy II) lub mogą być wyposażone przez prefabrykatora w izolacyjne płyty tylne o nr. ref. 0201 88/89 przeznaczone do zamontowania zestawów szyn zasilających o profilu C. Całość tworzy tzw. „aktywne plecy”. Szyny o nr. ref. 0373 30 (400 A) podtrzymuje się przy użyciu wsporników o nr. ref. 0373 31/32, które montuje się na profilach konstrukcyjnych rozdzielnicy. „Aktywne plecy” zasilają bezpośrednio bloki rozdzielcze rzędowe XL-Part 250. Bloki można również zasilać przez aparat główny umieszczony w tej samej rozdzielnicy przy użyciu zestawów łączeniowych o nr ref. 0373 34/35/38 dla DPX 250, DPX 250 z blokiem różnicowoprądowym i DPX 630 (max 400 A).

< Instalowanie zestawu do łączenia o nr. ref. 0373 34.

Przekładniki o nr. ref. 0046 98/99 montuje się bezpośrednio na zestawach do łączenia.

2 WSPORNIKI XL-Part 800 I XL-Part 1600

Wspornik ten składa się z zestawu szyn zasilających pionowych o profilu C, na których montuje się podstawy pod wyłączniki DPX w pozycji poziomej.
Szyny są mocowane na trzech wspornikach izolacyjnych, które z kolei instaluje się na wspornikach poprzecznych. Wsporniki poprzeczne podtrzymują również dwa profile boczne, które umożliwiają mechaniczne zamocowanie podstaw. Wsporniki poprzeczne montuje się bezpośrednio na profilach pionowych w rozdzielnicy. Połączenie elektryczne wykonuje się bezpośrednio na szynach o profilu C przy użyciu wkrętów, które znajdują się na podstawach.

< Zaleca się użycie przedziału kablowego, aby przyłączyć wszystkie obwody wyjściowe.

< Blokowanie podstawy na wsporniku XL-Part przez wykonanie ¼ obrotu.

< Podłączanie podstawy na szynach o profilu C przez wykonanie ¼ obrotu.

Możliwość montażu z prawej lub z lewej strony

Zestaw szyn zasilających wsporników XL-Part 800 i 1600 nie jest ustawiony centralnie w rozdzielnicy. W ten sposób uzyskano maksymalną przestrzeń dla kabli odpływowych. Szyny zasilające można montować zarówno z prawej, jak i z lewej strony obudowy.

XL-Part: alternatywa dla wykonania separacji w rozdzielnicach

Zastosowanie „aktywnych pleców" XL-Part 400 i wsporników XL-Part 800 i 1600 umożliwia wykonanie separacji typu 2a lub 2b w rozdzielnicach XL³ (patrz str. 513).
Podstawy pod DPX dla wykonań wysuwnych umożliwiają wykonywanie przeglądów i czynności serwisowych lub bezpieczną rozbudowę rozdzielnicy, która znajduje się pod napięciem.

Profile izolacyjne dla szyn C umożliwiają odizolowane zestawu szyn zasilających od jednostek funkcjonalnych.

Podstawy pod aparaty są dostarczane razem z osłonami zacisków. Zabezpieczają one zaciski podłączone do podstawy.

< Montaż szyn o profilu C jest ułatwiony dzięki zastosowaniu wspornika progowego w dolnej części konstrukcji wsporczej XL-Part.

Optymalny rozdział energii XL-Part (ciąg dalszy)

XL-Part 800

Wspornik XL-Part 800 można instalować w rozdzielnicach XL³ 800 lub XL³ 4000. Montuje się na nim szyny zasilające o profilu C o nr. ref. 0374 61 (800 A). Cztery dostępne rodzaje podstaw umożliwiają zamocowanie na wsporniku XL-Part 800 wyłączników DPX 630, DPX 250 ER i DPX 125 (z użyciem adaptera) w wersji stałej, z blokiem różnicowoprądowym dolnym lub bez takiego bloku. Można na nim zamontować również blok rozdzielczy rzędowy XL-Part 250, który podłącza się automatycznie do szyn zasilających o profilu C.
Zestaw szyn może być zasilany na trzy sposoby:
– bezpośrednio przez podłączenie do szyn poziomych do 800 A (wyłącznie w rozdzielnicach XL³ 4000),
– przy użyciu zestawu łączeniowego o nr. ref. 0373 39,
– przez wyłącznik DPX 1600 (nastawa 800 A) zamontowany w pozycji poziomej na podstawie montażowej w tej samej rozdzielnicy,
– przez wyłącznik DPX zamontowany w pozycji poziomej na podstawie XL-Part do 630 A.
Sposób zamontowania wsporników zależy od sposobu ułożenia osłon rozdzielnicy. Należy koniecznie przewidzieć osłonę pełną o wysokości min. 50 mm w górnej i dolnej części rozdzielnicy.

XL-Part 800: wysokości osłon (mm)		
Osłona pełna	Do wsporników górnego i dolnego	50
Osłona z wycięciem	Do DPX 630	300
	Do DPX 250 ER lub 125	200
Osłona modułowa	Do bloku rozdzielczego rzędowego 250 A + DPX 250 ER i 160	300
	Do bloku rozdzielczego rzędowego 250 A + DPX 125 A i aparatów modułowych	200

XL-Part 1600

Wspornik XL-Part 1600 montuje się wyłącznie w rozdzielnicach XL³ 4000. Na nim instaluje się szyny zasilające o profilu C o nr. ref. 0374 60/61/62 i 0098 82/83 (pięć różnych przekrojów szyn na prądy od 400 do 1600 A). Różnego rodzaju podstawy umożliwiają zamocowanie na wsporniku XL-Part 1600 wyłączników DPX 250 i 630 z blokiem różnicowoprądowym dolnym lub bez takiego bloku w wykonaniu stacjonarnym, wysuwnym lub gniazdowym. Wspornik XL-Part umożliwia również zasilanie bezpośrednie bloków rozdzielczych rzędowych XL-Part 400.
Zasilanie wspornika może być wykonywane na dwa sposoby:
– bezpośrednio: do 1600 A, przez przyłączenie do zestawu szyn zasilających poziomych,
– pośrednio: do 630 A, przez aparat główny w rozdzielnicy.
Sposób zamontowania wsporników zależy od sposobu ułożenia osłon rozdzielnicy. Należy koniecznie przewidzieć osłonę pełną o wysokości min. 50 mm w górnej i dolnej części rozdzielnicy.

Dobór szyn o profilu C			
Szyny		**I (A)**	
Nr referencyjny	**Przekrój (mm²)**	**IP ≤ 30**	**IP > 30**
0374 60	155	500	400
0374 61	265	800	630
0374 62	440	1250	1000
0098 82	640	1450	1250
0098 83	710	1900	1600

< Dostosowanie mechanizmu wysuwania do podstawy XL-Part 1600 umożliwia zamontowanie aparatów w wykonaniu wysuwnym

XL-Part 1600: wysokości osłon (mm)		
Osłona pełna	Do wsporników górnego i dolnego	50
Osłona z wycięciem	Do DPX 630	300
	Do DPX 250 w wykonaniu stacjonarnym lub gniazdowym	200
	Do DPX 250 w wykonaniu wysuwnym	300
Osłona modułowa	Do bloku rozdzielczego rzędowego 400 A + DPX 250 ER i 160	300
	Do bloku rozdzielczego rzędowego 400 A + DPX 125 A i aparatów modułowych	200

^ Zasilanie bezpośrednie wspornika XL-Part przez szyny zasilające poziome.

^ Zasilanie pośrednie wspornika XL-Part przez wyłącznik główny DPX 630.

Dopuszczalne wartości prądów zwarciowych I_{cc} i I_{pk} (kÂ) w zależności od konfiguracji

Szyny o profilu C	Bez stosowania podstaw	Z 2 podstawami	Z 4 podstawami
0347 60 (155 mm²)	40	70	90
0347 61 (265 mm²)	50	90	120
0347 62 (440 mm²)	60	120	150
0098 82 (640 mm²)	70	140	170
0098 83 (710 mm²)	75	150	180

Możliwość stosowania optymalnego systemu rozdziału energii XL-Part

		Rozdział energii w rzędzie				Rozdział energii pionowy	
Maksymalne natężenie		80 A	100 A	250 A	400 A	800 A	1600 A
Optymalny system rozdziału energii		XL-Part 100	XL-Part 125	XL-Part 250	XL-Part 400	XL-Part 800	XL-Part 1600
Typ rozdzielnicy	XL³ 400	●	●	●			
	XL³ 800	●	●	●	●	●	
	XL³ 1600	●	●	●	●	●	●
Typ aparatu	Aparaty modułowe ≤63 A	●	●	●	●		
	Aparaty modułowe ≤125 A		●	●	●		
	DPX 125 wykonanie stacjonarne			●	●	●	
	DPX 160 wykonanie stacjonarne			●	●		
	DPX 250 ER wykonanie stacjonarne			●	●	●	
	DPX-IS 250			●	●		
	DPX 250 wykonanie stacjonarne						●
	DPX 250 wykonanie gniazdowe						●
	DPX 250 wykonanie wysuwne						●
	DPX 630 wykonanie stacjonarne					●	●
	DPX 630 wykonanie gniazdowe						●
	DPX 630 wykonanie wysuwne						●

Przewody

Różnorodność instalacji, różne moce, lokalne przyzwyczajenia, przepisy prawne – wszystko to sprawia, że nie istnieje jeden modelowy przykład oprzewodowania rozdzielnic elektrycznych. Istnieje wiele rodzajów przewodów. Dobór przewodu jest uzależniony od przeznaczenia. O ile w przypadku instalacji przeznaczenie to jest zwykle dokładnie określone, o tyle w przypadku oprzewodowania rozdzielnic nie jest to dokładnie sprecyzowane.

DOBÓR I ZASTOSOWANIE KABLI I PRZEWODÓW

Projektowanie i prefabrykowanie zestawów rozdzielnic musi być wykonywane z uwzględnieniem ograniczeń dotyczących kabli i przewodów, sposobów ich podłączania, elementów wspornikowych oraz izolacji. Należy wziąć pod uwagę także zabezpieczenie kabli i przewodów przed czynnikami zewnętrznymi.
Norma IEC 60364 opisuje sposoby prowadzenia kabli i przewodów zwane „sposobem układania" (patrz opis na stronie 268), które określają warunki zabezpieczeń przed czynnikami zewnętrznymi: temperaturą, obecnością wody, zanieczyszczeniem, ryzykiem uderzenia, wibracjami, ogniem, warunkami pogarszającymi izolację itd.
Maksymalna dopuszczalna temperatura izolacji żyły zależy od parametrów przewodów (patrz str. 266 i następne).
Ogólne oznaczenie PR dotyczy przewodów, w których izolacja wytrzymuje temperaturę 90°C (polietylen usieciowany, elastomer).
Oznaczenie PCV dotyczy przewodów, w których izolacja wytrzymuje temperaturę 70°C (PCV, kauczuk).

W instalacjach przemysłowych stosowanie kabli z izolacją wykonaną z elastomeru (P) jest szczególnie zalecane, ponieważ:
– napięcie izolacji tych kabli jest podwyższone (do 1000 V),
– dopuszczalne temperatury pracy tych kabli (90°C) oraz maksymalne temperatury w przypadku wystąpienia zwarć (250°C) są dostosowane do wymogów rozdzielnic elektrycznych dużej mocy,
– kable te mają doskonałą wytrzymałość mechaniczną oraz podwyższoną odporność na czynniki atmosferyczne i chemiczne.

Niektóre przewody i kable posiadają stopień ochronności równy klasie II (taki poziom ochrony można uzyskać przez ułożenie izolowanych przewodów w osłonie lub izolacyjnej rurze). Prowadzenie przewodów w taki sposób jest obowiązkowe w pomieszczeniach, gdzie występuje duże ryzyko kontaktu z potencjałem ziemi (osłony przewodzące lub z licznymi elementami przewodzącymi) lub wtedy, gdy istnieją niedogodne warunki izolacji (np. w wilgotnych pomieszczeniach).
Zastosowanie takich przewodów jest konieczne powyżej wyłączników, które zabezpieczają przed porażeniem przy dotyku pośrednim.

Kable II klasy ochronności:

- **U_0 500 V: U-1000 R12N, U-1000 R2V, U-1000 RVFV(1), H07 RN-F, A07 RN-F, FR-N1 X1 X2, FR-N1 X1 G1, H07 VVH2-F**
- **U_0 250 V: H05 RN-F, H05 RR-F, H05 VV-F, H05 VVH2-F, FR-N05 VV5-F, A05 VVH2-F(1).**

(1) W zależności od warunków stosowania.

Przewód jednożyłowy i przewód wielożyłowy U-1000 R2V.

Przewody i kable energetyczne				
Oznaczenie	U-1000 R2V i U-1000 AR2V	U-1000 RVFV i U-1000 ARVFV	U-1000 RGPFV	H07 RN-F
Zastosowanie	Instalacje stałe	Instalacje ziemne, wzmocniona ochrona mechaniczna	Układanie pod wodą, w trudnych warunkach chemicznych, wysoka ochrona mechaniczna	Instalacje przenośne lub stałe zabezpieczone
Ilość żył	Od 1 do 4 (5 do 50 mm^2)	Od 1 do 4 (5 do 50 mm^2)	Od 2 do 4 (5 do 225 mm^2)	Od 1 do 4
Przekrój żyły	Od 1,5 do 300 mm^2	Od 1,5 do 300 mm^2	Od 1,5 do 240 (150 mm^2 w przypadku 3 żył)	Od 1,5 do 300 mm^2
Rodzaj żyły	Miedź lub aluminium	Miedź lub aluminium	Miedź	Miedź (linka)
Izolacja	Polietylen usieciowany	Polietylen usieciowany	Polietylen usieciowany	Elastomer usieciowany
Osłona	PCV w kolorze czarnym	PCV w kolorze czarnym	PCV w kolorze czarnym	Elastomer usieciowany
Oplot	-	Dwie taśmy stalowe	Osłona z ołowiu + dwie taśmy stalowe	-
Napięcie znamionowe	600/1000 V	600/1000 V	600/1000 V	450/750 V

W warunkach ograniczonej izolacji lub w przypadku ryzyka częstego kontaktu z uziemieniem można stosować kable w metalowej osłonie typu U-1000 RVFV, podłączając oba końce metalowego oplotu do przewodu ochronnego.
W warunkach bardzo słabej izolacji lub w przypadku stałego kontaktu ludzi z uziemieniem (osłony przewodzące), lub powyżej urządzeń zabezpieczających przed porażeniem przy dotyku pośrednim można stosować wszystkie metody wymagane w przypadku II klasy ochronności, w tym kable U-1000 RVFV, pod warunkiem że metalowe oploty tych kabli zostaną dobrze odizolowane.

Przewody (ciąg dalszy)

Kable przyłączeniowe nN			
Oznaczenie	**Przewód do linii napowietrznych z linką nośną NF C 33 209**	**H1 XDV-AR**	**H1 XDV-AS** Żyły sektorowe, przewód ochronny PE nieizolowany
Zastosowanie	Linie napowietrzne	Kable do układania pod ziemią	
Ilość żył	-	-	
Przekrój żyły	Od 25 do 150 mm²	Od 16 do 240 mm²	
Rodzaj żyły	Aluminium	Aluminium	
Izolacja	Polietylen usieciowany	Polietylen usieciowany	
Osłona	-	PVC	
Oplot	-	Oplot stalowy	
Napięcie znamionowe	600/1000 V	600/1000 V	

Kable i przewody do zastosowań mieszkaniowych, w budynkach użyteczności publicznej lub podobnych			
Oznaczenie	**H07 V-U i H07 V-R**	**H07 V-K i H07 V-K**	**FR-N05 VV-U i FR-N05 VV-R**
Zastosowanie	Instalacje stałe (do układania w rurkach, w listwach i do oprzewodowania rozdzielnic)	Oprzewodowanie wewnętrzne, instalacje stałe w listwach lub rurkach	Instalacje mocowane na ścianach, w szczelinach ścian (prowadzenie w rurkach)
Ilość żył	1	1	Od 2 do 5
Przekrój żyły	Do 400 mm²	Do 240 mm²	Od 1,5 do 6 mm²
Rodzaj żyły	Miedź (drut) zwarta (V-U) lub skręcana (V-R)	Miedź (linka)	Miedź (drut) zwarta (V-U) lub skręcana (V-R)
Izolacja	PVC (liczne kolory)	PVC	PVC
Osłona	-	-	PVC
Napięcie znamionowe	450/750 V	H05: 300/500 V – H07: 450/750 V	300/500 V

Kable i przewody do zastosowań mieszkaniowych, w budynkach użyteczności publicznej lub podobnych (ciąg dalszy)				
Oznaczenie	H05 VV-F	H03 VVH2-F i H05 VVH2-F	H05 RR-F i A05 RR-F	H05 RN-F i A05 RN-F
Zastosowanie	Zasilanie przenośnych urządzeń użytku domowego	Zasilanie	Zasilanie urządzeń przenośnych (najczęściej grzejników)	Zasilanie małych maszyn, silników, lamp przenośnych
Ilość żył	Od 2 do 5	2	Od 2 do 5	Od 2 do 3
Przekrój żyły	Od 0,75 do 4 mm^2	Od 0,5 do 6 mm^2	Od 0,75 do 4 mm^2	Od 0,75 do 1 mm^2
Rodzaj żyły	Miedź (linka)	Miedź (linka)	Miedź (linka) – cynowana lub nie	Miedź (linka)
Izolacja	PVC	PVC	Elastomer	Elastomer
Osłona	PVC	PVC	Elastomer	Elastomer
Uwagi	-	-	Dobra odporność mechaniczna	Dobra odporność mechaniczna
Napięcie znamionowe	300/500 V	H03: 300 V - H05: 500 V	300/500 V	300/500 V

Te łatwe w układaniu kable, mają słabą lub średnią odporność mechaniczną. Ich napięcie izolacyjne wynosi 500 lub 750 V, a maksymalna temperatura – 70°C (160°C w przypadku zwarć). Odporność tych kabli na ogień została sklasyfikowana jako C2.

Istnieje jeszcze wiele innych rodzajów kabli, znormalizowanych bądź nie, do specyficznych zastosowań: w górnictwie, w przemyśle chemicznym, do wind, sterownicze itd. Parametry tych kabli i sposoby dobierania są podane w katalogach poszczególnych producentów.

Przewody (ciąg dalszy)

Oznaczenia i symbole kabli: oznaczenia zharmonizowane

Typ serii		Napięcie U_0/U		Osłona izolacyjna		Oplot metalowy		Osłona		Kształt kabla		Rodzaj żyły		Giętkość i kształt żyły	
Seria zharmonizowana	**H**	<100 V	**00**	PCV	**V**	Stalowa taśma oplatająca żyły	**D**	PCV	**V**	Okrągły	brak litery	Miedź	**-**	Sztywna, zwarta, okrągła, klasa 1	**U**
		100/100 V	**01**											Sztywna, okrągła, klasa 2	**R**
														Sztywna, sektorowa	**S**
Seria uznawana we Francji	**A**	300/300 V	**03**	Kauczuk wulkanizowany	**R**			Kauczuk wulkanizowany	**R**	Płaski podzielny	**H**			Oplot	**W**
		300/500 V	**05**												**Y**
												Aluminium	**-A**	Giętka, klasa 5 do instalacji stałych	**K**
Inna seria we Francji	**N**	450/750 V	**07**	Polietylen usieciowany	**X**			Polietylen usieciowany	**N**	Płaski niepodzielny	**H2**			Giętka	**F**
		0,6/1 kV	**1**											Bardzo giętka, klasa 6	**H**

Przykład: H07 V-K
H: seria zharmonizowana; 07: izolacja 450/750; V: izolacja PCV; K: żyła miedziana giętka klasa 5.

Oznaczenia i symbole kabli: oznaczenia zharmonizowane

Typ serii		Napięcie U_0		Giętkość żyły		Rodzaj żyły		Osłona izolacyjna		Otulina		Osłona zabezpieczająca		Metalowy oplot		Kształt kabla	
Kabel, który opisuje norma UTE	**U**	250 V	**250**	Sztywna	brak oznaczenia literowego	Miedź	brak oznaczenia literowego	Kauczuk wulkanizowany	**C**	Osłona z otuliny	**G**	Gruba osłona	**2**	Osłona ołowiana	**P**	Okrągły	brak oznaczenia literowego
								Polietylen usieciowany	**R**			Gruba osłona	**3**				
		500 V	**500**							Brak otuliny lub otulina, która nie tworzy osłony	**O**	Kauczuk wulkanizowany	**C**	Taśma stalowa	**F**		
				Elastyczna	**A**	Aluminium	**A**	PCV	**V**			Polichloropren	**N**			Płaski	**M**
		1000 V	**1000**							Osłona, która łączy i zabezpiecza, tworząc otulinę	**I**			Cynk lub metal	**Z**		
								Izolacja mineralna	**X**			PCV	**V**				

Przykład: U-1000 RO2V
U: kabel opisany w normie UTE; 1000: napięcie izolacji 1000 V; R: osłona izolacyjna z polietylenu usieciowanego; O: brak pokrycia; 2: osłona gruba; V: osłona ochronna z PVC.

Maksymalna dopuszczalna temperatura (°C)				
Rodzaj izolacji	PCV	Kauczuk	Polietylen usieciowany EPR (XLPE)	Kauczuk sylikonowany (SIR)
W stałych normalnych warunkach	70	60	90	180
W warunkach zwarcia	160	200	250	350

Reakcja kabli i przewodów na ogień

Norma francuska NF C 32 070 opisuje klasyfikację, która opiera się na badaniach określonych przez normę IEC 60331 i 60332.
Jeśli bierze się pod uwagę „reakcję na ogień", wówczas wyróżnia się następujące kategorie:
– C3: bez określenia parametrów w tym zakresie,
– C2: nie rozprzestrzenia ognia lub opóźnia rozprzestrzenianie ognia („flame retardant"). Większość kabli i przewodów zalicza się do tej kategorii,
– C1: nie rozprzestrzenia pożaru lub „fire-retardant". Zastosowanie tej klasy kabli ogranicza ryzyko rozprzestrzeniania ognia w trasach kablowych. Kable z serii FR-N1X1... oraz przewody z serii FR-N05 G2 (U, R lub K) i FR-N07X3 (U, R lub K) należą do tej kategorii (patrz str. 121).

Jeśli bierze się pod uwagę „odporność na ogień", wówczas wyróżnia się następujące kategorie:
– CR2: bez szczególnych parametrów w tym zakresie,
– CR1: samogasnąca lub „fire-resistant".
Przewody z izolacją mineralną z serii U500X lub XV, lub 1000X, lub XV, przewody zwane „odpornymi na ogień" typu „Lyonotox" lub „Pyrolyon", niektóre kable energetyczne lub sygnalizacyjne należą do tej kategorii.
Klasa CR1 jest wymagana np. w instalacjach ppoż. w budynkach użyteczności publicznej.

^ Poprawne ułożenie kabli jest podstawowym środkiem zapobiegającym powstaniu pożaru.

Przewody (ciąg dalszy)

Tabela doboru kabli i przewodów

Wpływ warunków zewnętrznych	Rodzaje warunków	Wartości parametrów	U-1000 R2V U-A1000 R2V	U-1000 RVFV U A1000 ARVFV	U-1000 RGPFV	H07 RN-F	Kable zgodne z NF C 33 209	H1 XDV-AR H1 XDV-AS	H07 V-U H07 V-R[1]	H07 V-K[11]	FR-N05VV-U FR-N05VV-R	H05 VV-F	H03 VVH2-F H05 VVH2-F	H05 RR-F A05 RRF	H05 RN-F A05 RN-F
Temperatura	Wysoka	od -5°C do +70°C[2]	•	•	•	•								•	•
	Normalna	od -5°C do +55°C	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Niska	od -25°C do +55°C	[3]	[3]	[3]	•	•	[3]	[3]	[3]			[3]	•	•
	B. niska	od -60°C do +55°C					•								
Obecność wody	Brak wody		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Zraszanie wodą	IPX4	•	•	•	•	•	•			•	•	•	•	•
	Strumień wody	IPX5, IPX6	•	•	•	•	•	•			•	•	•		
	Zanurzenie czasowe	IPX7	•	•	•	•		•							
	Zanurzenie stałe	IPX8			•										
Ryzyko uderzeń mechanicznych	Słabe	IK03	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Średnie	IK07	•	•	•	•		•				•	•	•	•
	Duże	IK08	•	•	•	•		•							
	Bardzo duże	IK10		•	•	•									
Wibracje	Słabe	<0,15 przy 50 Hz	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Silne[2]	<0,35 przy 150 Hz				•							•	•	•
Obecność fauny	Brak		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Obecna	Insekty, gryzonie, ptaki		•	•										
Warunki izolacji osób	Normalne	Pomieszczenia suche	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Słabe	Pomieszczenia wilgotne[6]	•	•[5]	•[5]	•	•			•	•	•[4]	•[4]	•	•
	Bardzo słabe	Pomieszczenia pod woda[6]	•			•	•				•[4]			•[4]	•[4]
Ryzyko kontaktu z uziemieniem	Chwilowe	Pomieszczenia izolowane	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Częste	Pomieszczenia nieizolowane[7]	•	•[5]	•[5]	•	•	•			•	•	•	•	•
	Stałe	Pomieszczenia przewodzące	•			•					•[4]			•[4]	•[4]
Ryzyko związane z przetwarzaniem lub składowaniem materiałów lub substancji	Małe		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Pożar[8]		•	•	•	•		•			•	•	•	•	•
	Wybuch[9]		•	•	•	•		•							
Palność materiałów konstrukcyjnych	Mała		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Materiały palne	Budowle drewniane	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•		•
Ryzyko związane ze strukturą budynku	Małe		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Rozprzestrzeniające ogień[8]	IGH, ERP, ERT	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•
	Ruchome	Instalacje przenośne	[10]			•				•[11]	•[10]	•	•	•	•
	Niestałe	Namioty				•				•[11]				•	•

Użyte oznaczenia: ERP: budynki użyteczności publicznej
IGH: wieżowce
ERT: zakłady pracy

(1) Warunki stosowania mogą być inne w zależności od rodzaju osłon, rur itd.

(2) Może być konieczne zmniejszenie natężenia prądu.

(3) Kable można stosować tylko wtedy, gdy nie są poddawane działaniom sił mechanicznych.

(4) Napięcie izolacji obniżone do U_o = 250 V w stosunku do uziemienia.

(5) Metalowy uziemiony oplot.

(6) Dotyczy warunków sytuacyjnych osób, a nie warunków prowadzenia przewodów (patrz obecność wody).

(7) Lub izolacje i reakcja licznych, dostępnych elementów przewodzących.

(8) Patrz: Specjalne przepisy dotyczące tego rodzaju pomieszczeń lub miejsc szczególnie zagrożonych pożarem (budynki użyteczności publicznej, wieżowce, zakłady pracy itd.).

(9) Patrz: Specjalne przepisy dotyczące tego rodzaju pomieszczeń, które warunkujące sposób prowadzenia okablowania, dodatkowe zabezpieczenia i ograniczenia w zakresie natężenia prądu.

(10) Możliwości przemieszczania zapewniają elastyczne złączki.

(11) Przewody prowadzone w elastycznych osłonach.

PRZEKROJE PRZEWODÓW DO OKABLOWANIA ZESPOŁÓW ROZDZIELNIC

Tabela przedstawiona na następnej stronie została opracowana na podstawie licznych doświadczeń i prób. Tu również przewody podzielono na dwa rodzaje:
– PVC, w przypadku przewodów w izolacji z PVC lub kauczuku (izolacja taka jest zwykle stosowana w przewodach do przekroju 35 mm^2),
– PR, w przypadku przewodów w izolacji z polietylenu lub elastomerów (w praktyce taką izolację stosuje się w przewodach powyżej przekroju 35 mm^2).
Warunki prowadzenia takich przewodów i temperatura otoczenia zostały opracowane na bazie doświadczeń:
– IP < 30: w przypadku przewodów rozprowadzanych przy dobrych warunkach chłodzenia rozdzielnicy (obudowy otwarte lub naturalnie wentylowane, małe lub średnie zagęszczenia kabli, temperatura wewnątrz rozdzielnicy zbliżona do temperatury otoczenia do 35°C),
– IP > 30: w przypadku przewodów rozprowadzanych przy niedostatecznych warunkach chłodzenia rozdzielnicy (obudowy hermetyczne, duże zagęszczenia kabli, stosowane kabli wielożyłowych, temperatura wewnątrz rozdzielnicy może osiągnąć 50°C).
Wartości z kolumny U można stosować wówczas, gdy przewody lub kable są oddzielone od siebie albo nie łączone, albo też łączone w jednym obwodzie (kable prowadzone na wspornikach, obejmach kablowych, prostych mocowaniach).
Wartości z kolumny G można stosować, gdy przewody z różnych obwodów są połączone razem lub grupowane (przewody prowadzone w kanałach grzebieniowych).
Dopuszczalne prądy dla szyn zasilających elastycznych podano na str. 499, a dla szyn sztywnych – na str. 448.
Zwykle stosowane w rozdzielnicach przekroje przewodów ochronnych (PE) podano na str. 67.

Przekroje przewodów, które należy stosować do okablowania rozdzielnic nie są opisane w jednym, znormalizowanym dokumencie.

• Norma IEC 60364 zaleca dobieranie przekrojów wg sposobu układania 31 i 32 (patrz str. 270).

W tym wypadku metoda jest trudna do stosowania, gdyż wymaga używania współczynników korekcyjnych, czyli elementów, które są znane dopiero po wykonaniu okablowania (ilość prowadzonych kabli w pionie lub w poziomie, grupowania kabli). Należy przewidzieć również temperaturę wewnątrz obudowy.

• Norma EN 60439-1 nie podaje konkretnych przekrojów przewodów, ale precyzuje „zakres prądowy" potrzebny do testów na temperaturę wewnątrz rozdzielnicy. Przewody, które wzięto w niej pod uwagę mają izolację z PCV, a temperatura otoczenia nie została podana. Takie warunki nie pokrywają więc wszystkich zastosowań.

Przewody (ciąg dalszy)

Zalecane wartości minimalnych przekrojów przewodów w mm² w zależności od rodzaju izolacji, sposobu ułożenia i obciążenia

		IP ≤ 30				IP > 30				Wartości wg normy EN 60439-1
Rodzaj izolacji		PCV		PR		PCV		PR		
Sposób układania		U	G	U	G	U	G	U	G	
I_n (A) Prąd znamionowy urządzenia zabezpieczającego	6	1	1,5	0,7511	1	1,5	1,5	1	1	1
	10	1,5	2,5	1	1,5	2,5	2,5	1,5	1,5	1,5
	16	2,5	2,5	1,5	2,5	2,5	4	1,5	1,5	2,5
	20	2,5	4	2,5	2,5	4	6	2,5	4	2,5
	25	4	6	2,5	4	6	10	4	6	4
	32	6	10	4	6	10	16	6	10	6
	40	10	16	6	10	16	25	10	10	10
	50	10	16	10	10	16	35	10	16	10
	63	16	25	10	16	25	50	16	25	16
	80	25	35	16	25	35	70	25	35	25
	100	25	50	25	35	50	95	35	50	35
	125	35	70	25	50	70	120	50	70	50
	160	70	120	50	70	95		70	95	70
	200	95		70		120		95	120	95
	250	120		95		150		120		120
	315	185		120		240		185		185
	400	240		185		300		240		240

Uwaga: Wartości w kolumnie IP > 30 podano z zastosowaniem współczynnika korekcji 0,74 (PCV) i 0,82 (PR) do wartości prądu.
Wartości w kolumnach G dotyczą współczynnika korekcji dla grupowania kilku obwodów, który wynosi 0,7.

< Przewody niepogrupowane, przytrzymywane przy użyciu obejm kablowych – przykład prowadzenia przewodów obejmą w kształcie U.

< Kilka obwodów zgrupowanych w jednym kanale grzebieniowym, wszystkie przewody są zgrupowane w kanale pionowym i poziomym.

< Przewody są prowadzone swobodnie, jedynie przewody prowadzone w pionie zostały zebrane w kanale grzebieniowym – przykład prowadzenia przewodów w kanale o kształcie U. Jeżeli, tak jak w tym wypadku, kanał grzebieniowy jest zanadto wypełniony, należy dodatkowo zastosować obejmy w kształcie G.

SZYNY ZASILAJĄCE ELASTYCZNE

Szyny zasilające elastyczne umożliwiają wykonanie przyłączeń aparatów oraz specyficznych połączeń każdego prawie rodzaju. Są bezpieczne i dają doskonałe, estetyczne wykończenie rozdzielnicy. Szyny elastyczne produkcji Legrand są oferowane w najczęściej stosowanych wymiarach oraz wartościach znamionowych parametrów elektrycznych i można je stosować do większości podłączeń.
Tak jak w przypadku każdego przewodu dopuszczalny prąd, który może płynąć w szynach elastycznych, może się różnić w zależności od następujących warunków:
- temperatury otoczenia (rzeczywistej temperatury w obudowie rozdzielnicy),
- czasu obciążenia (obciążenie stałe lub okresowe) lub warunków instalowania,
- ilości szyn (pojedyncze lub grupowane w zestawy, umieszczone obok siebie i stykające się lub oddzielone),
- wentylacji naturalnej (IP ≤ 30), wymuszonej (wentylator) lub wentylacji (IP > 30),
- ułożenia szyn w pionie lub w poziomie.
Różnorodność wariantów i warunków powoduje, że dopuszczalne prądy w szynach elastycznych mogą być bardzo różne (w stosunku 1:2, a nawet więcej). Nieodpowiednie stosowanie tych szyn może spowodować przegrzania, które mogą z kolei wpłynąć na stan części izolowanych oraz zakłócić, a nawet zniszczyć przyłączone lub znajdujące się w pobliżu urządzenia.
Szyny elastyczne formuje się ręcznie z użyciem narzędzi.

Prądy I_e (A) i I_{the} (A) szyn zasilających elestycznych produkcji Legrand podano dla następujących warunków:
- I_e (IP ≤ 30): stały, maksymalny, dopuszczalny prąd w obudowie otwartej lub wentylowanej, sposób ułożenia i odległości względne między szynami umożliwiają odpowiednie chłodzenie obudów. Temperatura w obudowie powinna być zbliżona do temperatury otoczenia,
- I_{the} (IP > 30): stały, maksymalny, dopuszczalny prąd w obudowie hermetycznej. Szyny mogą być instalowane blisko siebie, ale nie mogą się stykać. Temperatura w obudowie może osiągać 50°C.

Przy tym samym przekroju, szyny elastyczne mają większe dopuszczalne natężenia od kabli i szyn zasilających sztywnych (ograniczenia prądów Foucault'a). Ma to związek z ich blaszkowatą strukturą, kształtem (lepsze rozproszenie termiczne) oraz z dopuszczalną temperaturą (izolacja z PCV odpornego na wysoką temperaturę 105°C).

< Przykład przyłączenia wyłącznika DPX do bloku rozdzielczego przy zastosowaniu szyn elastycznych.

Dopuszczalne prądy dla szyn zasilających elastycznych produkcji Legrand

Nr referencyjny	0374 10	0374 16	0374 11	0374 67	0374 17	0374 12	0374 44	0374 57	0374 58
Przekrój	13 x 3	20 x 4	24 x 4	20 x 5	24 x 5	32 x 5	40 x 5	50 x 5	50 x 10
I_e (A) IP ≤ 30	200	320	400	400	470	630	700	850	1250
I_{the} (A) IP > 30	160	200	250	250	520	400	500	630	800

Rozdzielnice
Certyfikowanie zestawów rozdzielnic

Rozdzielnice XL³ ..... str. 502

Separacje wewnątrz rozdzielnic elektrycznych .... str. 514

Certyfikowanie zestawów rozdzielnic ..... str. 518

Przy doborze obudów potrzebnych do wykonania zestawów rozdzielnic należy w pierwszej kolejności wziąć pod uwagę przestrzeń potrzebną do zamontowania aparatów i systemów rozdziału energii (zestawy szyn zasilających, bloki rozdzielcze, wsporniki XL-Part) oraz rodzaje przyłączeń. Należy przede wszystkim sprawdzić zależność między rozmiarem obudowy a warunkami termicznymi.

Aby ułatwić dobór obudów XL^3 produkcji Legrand, ich oferta została podzielona w ten sposób, że wybór obudowy jest powiązany z maksymalną wartością prądu znamionowego wyłącznika głównego, który można zamontować w standardowych warunkach użytkowania (patrz str. 502). Może okazać się konieczne wykonanie bilansu termicznego, jeśli warunki użytkowania są trudne (patrz str. 218). W zależności od wykonania i od sposobu montażu, wymiary osłon są skorelowane z wymiarami aparatów. Pojemność obudowy jest związana z wysokością osłon użytych do maskowania aparatów. Należy uwzględnić również przestrzeń konieczną do wykonania przyłączeń, zwłaszcza w przypadku wyłącznika głównego (promień gięcia kabli i szyn zasilających).
Przedziały kablowe wewnętrzne (w obudowach 36-modułowych) lub zewnętrzne ułatwiają rozproszenie termiczne i wykonanie oprzewodowania w rozdzielnicach. Umożliwiają poza tym instalowanie szyn zasilających bocznych w obudowach o małej głębokości.
Każdy model obudowy z gamy XL^3 daje możliwość wyboru sposobu rozdziału energii. Można więc wykonać rozdział energii standardowy lub optymalny, dostosowany do wymiarów obudowy.
W przypadku szaf XL^3 4000 wymiary szyn zasilających zależą w dużej mierze od głębokości obudowy. W szafach tych można ponadto wykonać separację wewnętrzną (od poziomu 2a do 4b). W przypadku szczególnie trudnych warunków instalacyjnych (instalowanie rozdzielnic na zewnątrz, w pomieszczeniach wilgotnych lub powodujących korozję) można stosować obudowy z gamy Atlantic, Marina lub Altis (patrz str. 206).
Kompleksowe badania wykonane na kompletnie wyposażonych w aparaty i oprzewodowanych rozdzielnicach gwarantują niezawodność i ułatwiają wykonanie ich certyfikacji (badanie typu – patrz str. 518).

Dodawanie nowych funkcji elektrycznych, wzrost zagęszczenia aparatów i zwiększenie poborów mocy potwierdzają konieczność wykonywania dokładnych obliczeń termicznych w rozdzielnicach i zestawach rozdzielnic.

Rozdzielnice XL³

Rozdzielnice XL³ produkcji Legrand zostały tak zaprojektowane, aby spełnić wszystkie wymagania w zakresie rozdziału energii do 4000 A. Wszystkie obudowy XL³ gwarantują niezawodność oraz łatwość prefabrykowania.

Rozdzielnice XL³ dzielą się na cztery grupy w zależności od maksymalnego prądu znamionowego wyłącznika głównego, który można w nich zainstalować, XL³ 160, XL³ 400, XL³ 800 i XL³ 4000. Każdy z tych czterech typów rozdzielnic oferuje szeroką gamę wymiarów oraz wykonań (rozdzielnice izolacyjne, metalowe, o stopniu ochrony IP30 oraz IP55).

We wszystkich modelach rozdzielnic można stosować osłony mocowane przez ¼ obrotu specjalnych zamków i wyposażone w uchwyty. Osłony można plombować, a dzięki dużej ilości miejsca wykonywanie na nich opisów jest łatwe i wygodne. W osłonach metalowych połączenie ekwipotencjalne wykonuje się automatycznie, ale przewidziano również dodatkowy zacisk uziemiający w przypadku konieczności montowania aparatów na osłonach.

^ Osłony zamykane przez ¼ obrotu specjalnych zamków, z uchwytami, które ułatwiają zakładanie i zdejmowanie.

Rodzina rozdzielnic XL³

ROZDZIELNICE XL³ 160

Rozdzielnice XL³ 160 przeznaczone są głównie do montażu aparatów modułowych. Są dostarczane w postaci gotowej do użycia, z zamontowanymi wspornikami TH 35 na 24 moduły i z zamontowanymi osłonami i listwą zaciskową do przyłączenia przewodów ochronnych.
Rozdzielnice są dostępne w wersji izolacyjnej, metalowej oraz wnękowej, w kilku wysokościach (2-6-rzędowe). W niektórych specjalnych modelach tych rozdzielnic można zamontować wyłącznik główny DPX 125, DPX 160, Vistop 160. Możliwość zdemontowania ścianek bocznych lub wyjmowania całej konstrukcji wsporczej daje całkowity dostęp do aparatów i oprzewodowania. Osłony górna i dolna o szerokości 200 mm umożliwiają wygodny dostęp do podłączeń oraz przewodów zasilających i odpływowych.
Dogodne rozwiązania ułatwiają prowadzenie i przymocowywanie przewodów.
Cztery rodzaje drzwi dają możliwość uzyskania stopnia ochrony IP40 (IP43 przy zastosowaniu uszczelki) i stanowią doskonałe wykończenie rozdzielnicy.

< Po zdemontowaniu ścianek bocznych otrzymujemy pełny dostęp do oprzewodowania.

< Rozdzielnice są wyposażone w obejmy kablowe służące do prowadzenia przewodów.

^ Rozdzielnica metalowa 6-rzędowa o nr. ref. 0200 06.

^ Rozdzielnica izolacyjna 3-rzędowa o nr. ref. 0200 53.

^ Rozdzielnica wnękowa 3-rzędowa o nr. ref. 0200 13 z drzwiami przezroczystymi o nr. ref. 0202 83.

Rozdzielnice XL³ (ciąg dalszy)

< Rozdzielnica XL³ 160 naścienna metalowa, o nr. ref. 0200 06, z możliwością demontażu ścianek bocznych oraz płyt górnej i dolnej.

Dobór drzwi

Drzwi płaskie pełne

Drzwi płaskie przezroczyste

Drzwi profilowane pełne

Drzwi profilowane przezroczyste

Parametry rozdzielnic XL³ 160				
Wersja		Izolacyjna	Metalowa	Wnękowa
Klasa ochronności		II	I	I
Odporność na prądy zwarciowe Prąd zwarciowy umowny I_{cc}		25 kA	25 kA	25 kA
Wytrzymałość na żar, zgodnie z normą IEC 60695-2-1		750°C/5 s	750°C/5 s	750°C/5 s
Ochrona przed ciałami stałymi i cieczami	Bez drzwi	IP30	IP30	IP30
	Z drzwiami	IP40	IP40	IP40
	Z drzwiami i uszczelką	IP43	IP43	-
Ochrona przed uderzeniem mechanicznym	Bez drzwi	IK04	IK07	IK04
	Z drzwiami	IK07	IK08	IK08
Ilość modułów w rzędzie		24 moduły	24 moduły	24 moduły
Szerokość całkowita		575 mm	575 mm	670 mm
Ilość rzędów modułowych		od 2 do 6	od 2 do 6	od 3 do 6
Całkowita wysokość		od 450 do 1050 mm	od 450 do 1050 mm	od 695 do 1145 mm
Całkowita głębokość		147 mm	147 mm	100 mm
Kolor		RAL 7035		
Zgodność z normami		PN-EN 60439-1 i PN-EN 60439-3		

ROZDZIELNICE XL³ 400

Rozdzielnice XL³ 400 dostępne są w trzech wersjach: metalowe (I klasa ochronności), izolacyjne (II klasa ochronności) i o stopniu ochrony IP55 (I klasa ochronności). Wszystkie te rozdzielnice mieszczą 24 moduły w rzędzie.

Rozdzielnice metalowe i izolacyjne od IP30 do IP43

W rozdzielnicach XL³ 400 oprócz aparatów modułowych można zamontować wyłączniki DPX 125, 160, 250 ER, 250, 630 (nastawa maksymalnie na 400 A) w wersji stacjonarnej z przyłączeniem górnym, rozłączniki DPX-IS 250 i 630 (400 A) oraz rozłączniki Vistop do 160 A. Rozdzielnice są dostarczane zdemontowane, aby ułatwić montaż aparatów i wykonanie oprzewodowania. Profile montażowe zamontowane fabrycznie na tylnej ściance rozdzielnic umożliwiają szybkie i stabilne zamontowanie aparatów. Standaryzacja elementów powoduje, że montaż i całą prefabrykację można przeprowadzić bardzo szybko – wystarczy wkrętak i klucz płaski nr 10. Łączenie rozdzielnic można wykonać bez konieczności stosowania dodatkowych akcesoriów.
Przedziały kablowe można dołączać z prawej lub z lewej strony rozdzielnic, można je również używać niezależnie jako małe rozdzielnice. Cztery rodzaje dostępnych drzwi umożliwiają uzyskanie stopnia ochrony IP40 (IP43 razem z uszczelką) i zapewniają estetyczne wykończenie.

^ Rozdzielnica i przedział kablowy w wersji metalowej.

^ Rozdzielnica izolacyjna z wbudowaną podstawą do „aktywnych pleców".

Rozdzielnice oferują dwa poziomy zamocowań aparatów i wyposażenia.

Możliwości łączenia rozdzielnic bez konieczności stosowania dodatkowych akcesoriów

Przedział kablowy z lewej lub z prawej strony.

rozdzielnice zamontowane obok siebie w poziomie.

w pionie

lub obie wersje jednocześnie.

Rozdzielnice XL³ (ciąg dalszy)

Rozdzielnice IP55

Rozdzielnice XL³ 400 IP55 składają się z metalowej obudowy typu monoblok i dostarczane są z drzwiami pełnymi. Można w nich montować aparaty do 250 A. Konstrukcję wsporczą, którą podtrzymują profile pionowe można wyjmować z obudowy, co umożliwia łatwe zamontowanie aparatów. Rozdzielnice są wyposażone w płyty przepustów kablowych, w których można nawiercać otwory pod dławiki lub które można zastępować płytami Cabstop.

^ Rozdzielnica XL³ 400 IP55 dostarczana razem z drzwiami.

^ Standardowy rozdział energii: szyny miedziane płaskie zamontowane na tylnej ścianie rozdzielnicy.

Wybór sposobu rozdziału energii

Rozdzielnice XL³ oferują szeroki wybór systemów rozdziału energii:
– rozdział optymalny przy wykorzystaniu „aktywnych pleców" XL- Part 400 i bloków rozdzielczych rzędowych XL-Part 250,
– rozdział standardowy przy użyciu bloków rozdzielczych i szyn zasilających w rozdzielnicach lub w przedziałach kablowych.

^ Standardowy rozdział energii: szyny miedziane płaskie w przedziale kablowym.

^ Optymalny rozdział energii: „aktywne plecy" i blok rozdzielczy rzędowy XL- Part 250.

Parametry rozdzielnic XL³ 400

Wersja		Izolacyjna	Metalowa	Metalowa IP55
Klasa ochronności		II	I	I
Odporność na prądy zwarciowe	Prąd zwarciowy umowny I_{cc}	36 kA	36 kA	36 kA
	Prąd krótkotrwały wytrzymywany I_{cw}	25 kA/1 s	25 kA/1 s	25 kA/1 s
Wytrzymałość na żar, zgodnie z normą IEC 60695-2-1		750°C/5 s	750°C/5 s	750°C/5 s
Ochrona przed ciałami stałymi i cieczami	Bez drzwi	IP30	IP30	-
	Z drzwiami	IP40	IP40	-
	Z drzwiami i uszczelką	IP43	IP43	IP55
Ochrona przed uderzeniem mechanicznym	Bez drzwi	IK04	IK07	-
	Z drzwiami	IK07	IK08	IK08
Ilość modułów w rzędzie		24 moduły	24 moduły	24 moduły
Szerokość całkowita		575 mm	575 mm	650 mm
Wysokość osłon		od 550 do 1750 mm	od 550 do 1150 mm	od 400 do 1000 mm
Całkowita wysokość		od 600 do 1900 mm	od 600 do 1200 mm	od 615 do 1115 mm
Całkowita głębokość		175 mm	175 mm	215 mm
Kolor		RAL 7035		
Zgodność z normami		PN-EN 60439-1		

ROZDZIELNICE XL³ 800

Rozdzielnice XL³ 800 są dostępne w trzech wykonaniach (metalowej do składania i o IP55) i w dwóch szerokościach (24 i 36 modułów). Pojemność tych rozdzielnic została zoptymalizowana, uzyskano głębokość całkowitą 230 mm (250 mm w wersji o IP55 z drzwiami). W modelach rozdzielnic o szerokości 36 modułów można montować przedział kablowy wewnętrzny i pozostawić przestrzeń o szerokości 24 modułów do montażu wyposażenia. We wszystkich wersjach tych rozdzielnic można realizować optymalny rozdział energii przy użyciu wspornika XL-Part 800 i bloku rozdzielczego rzędowego XL-Part 250. Można w nich również montować standardowe szyny miedziane na tylnej ścianie obudowy lub w przedziale kablowym.

Rozdzielnice metalowe, od IP30 do IP43

Podobnie jak w przypadku rozdzielnic XL³ 400, aby ułatwić montaż aparatów, rozdzielnice XL³ 800 dostarczane są zdemontowane. Oprócz aparatów modułowych można w nich montować rozłączniki DPX-IS, rozłączniki Vistop i wyłączniki DPX w wersji stacjonarnej, z przyłączeniem górnym do 800 A.

Rozdzielnice do składania

Są to rozdzielnice metalowe, przeznaczone do składania, dostarczane bez drzwi i bez ścianek bocznych. Dzięki temu można w nich montować ścianki boczne lub drzwi częściowe, co z kolei umożliwia tworzenie kilku przestrzeni montażowych na jednej płycie tylnej. Rozdzielnice te mają szerokość 24 modułów i można je łączyć z szafami lub z metalowymi przedziałami kablowymi.

Rozdzielnice IP55

Rozdzielnice te mają metalową konstrukcję typu monoblok z otwartymi bokami (boki należy zamawiać oddzielnie). Można je łączyć w poziomie i tworzyć hermetyczne zestawy rozdzielnic o małej głębokości. Można w nich montować rozłączniki DPX-IS, Vistop oraz wyłączniki DPX w wersji stacjonarnej, z przyłączeniem górnym do 630 A.

^ Rozdzielnice metalowe IP30 o szerokości 24 i 36 modułów.

< Rozdzielnice IP55 dostarczane bez ścianek bocznych i bez drzwi.

Rozdzielnice do składania

Zestawy wykonane z zastosowaniem ścianek bocznych i drzwi częściowych.

Rozdzielnice XL³ (ciąg dalszy)

Dobór osłon

Osłona o szerokości 24 modułów, mocowana przez 1/4 obrotu specjalnego zamka, z możliwością plombowania.

Osłona o szerokości 24 i 36 modułów, montowana przy użyciu wkrętów.

Osłona o szerokości 24 i 36 modułów, z zawiasami.

^ Do wszystkich rozdzielnic o IP55 można dołączać przedział kablowy zewnętrzny.

< Przedziały kablowe zewnętrzne: można w nich montować aparaty DPX 250 i 630 lub DPX-IS 250 i 630.

Wybór sposobu rozdziału energii

Rozdział energii optymalny

Wspornik XL-Part 800 i blok rozdzielczy rzędowy XL-Part 250.

Rozdział energii standardowy

Szyny zasilające na tylnej ścianie obudowy.

Szyny zasilające w przedziale kablowym zewnętrznym.

Szyny zasilające w przedziale kablowym wewnętrznym.

Montaż kilku różnych aparatów na jednej płycie montażowej

Aparaty o tej samej głębokości można montować na jednej płycie montażowej (na której zaznaczono fabrycznie odpowiednie miejsca do zamocowania aparatów). Można więc montować obok siebie wyłączniki DPX 125, 160 i 250 ER lub wyłączniki DPX 250 i 630.

Podstawy montażowe do DPX wyposażone są w otwory do mocowania specjalnych nakrętek umożliwiających montaż wybranej grupy wyłączników DPX.

Parametry rozdzielnic XL³ 800

Wersja		Metalowa		IP55	
Klasa ochronności		I		I	
Prąd zwarciowy krótkotrwały wytrzymywany I_{cw}		25 kA/1 s		25 kA/1 s	
Wytrzymałość na żar, zgodnie z normą IEC 60695-2-1		750°C/5 s		750°C/5 s	
Ochrona przed ciałami stałymi i cieczami	Bez drzwi	IP30		-	
	Z drzwiami	IP40		-	
	Z drzwiami i uszczelką	IP43		IP55	
Ochrona przed uderzeniem mechanicznym	Bez drzwi	IK07		-	
	Z drzwiami	IK08		IK08	
Ilość modułów w rzędzie		24 moduły	36 moduły	24 moduły	36 moduły
Szerokość całkowita		660 mm	910 mm	700 mm	950 mm
Wysokość osłon		od 1000 do 1800 mm		od 1000 do 1800 mm	
Całkowita wysokość		od 1050 do 1950 mm		od 1095 do 1995 mm	
Całkowita głębokość		230 mm (bez drzwi)		250 mm	
Kolor		RAL 7035			
Zgodność z normami		PN-EN 60439-1			

Rozdzielnice XL³ (ciąg dalszy)

ROZDZIELNICE XL³ 4000

W rozdzielnicach XL³ 4000 można zamontować wszystkie aparaty zabezpieczające, wyłączniki oraz rozłączniki produkcji Legrand do 4000 A, we wszystkich dostępnych wykonaniach oraz przy zastosowaniu optymalnego lub standardowego sposobu rozdziału energii. Rozdzielnice te są dostępne w trzech szerokościach (24 moduły, 36 modułów, przedział kablowy) i trzech głębokościach, ale wszystkie mają jedną wysokość. Istnieje możliwość łączenia ich w zestawy, również łączenia ich wszystkimi bokami. Można także stosować zamiennie wszystkie płyty boczne i drzwi, co daje możliwość zrealizowania nieograniczonej liczby kombinacji. W rozdzielnicach o szerokości 36 modułów można montować przedziały kablowe wewnętrzne i zachować miejsce do montażu aparatów o szerokości 24 modułów. Płyty montażowe pod aparaty w wykonaniu stacjonarnym z przyłączeniem górnym są takie same jak do szaf XL³ 800 i dają taką samą możliwość montowania obok siebie aparatów o tej samej głębokości. W przypadku montażu innych aparatów można regulować głębokość płyt montażowych, co pozwala na zainstalowanie aparatów w wykonaniu wysuwnym lub gniazdowym z napędem silnikowym lub bez.

^ **Zestaw rozdzielnic składający się z szafy o szerokości 24 modułów, z przedziału kablowego zewnętrznego i z szafy o szerokości 36 modułów z przedziałem kablowym wewnętrznym.**

Możliwości łączenia rozdzielnic

Dzięki modułowej konstrukcji rozdzielnic można je łączyć bok/bok lub plecy/plecy. Można w ten sposób wykonywać wiele konfiguracji i dostosować rozdzielnice do wymagań pomieszczeń technicznych.

Wybór rozmiarów

Głębokość (mm)	Szerokość (mm) 475	725	975
475			
725			
975			

^ We wszystkich rozdzielnicach i przedziałach kablowych XL³ 4000 można zamontować w dolnej części ruchome (uchylne) płyty przepustów kablowych.

Wybór sposobu rozdziału energii

Rozdzielnice XL³ (ciąg dalszy)

4 rodzaje drzwi do wyboru

Parametry rozdzielnic XL³ 4000				
Klasa ochronności		I		
Prąd zwarciowy krótkotrwały wytrzymywany I_{cw}		110 kA/1 s		
Wytrzymałość na żar, zgodnie z normą IEC 60695-2-1		750°C/30 s		
Ochrona przed ciałami stałymi i cieczami	Bez drzwi	IP30		
	Z drzwiami	IP55		
Ochrona przed uderzeniem mechanicznym	Bez drzwi	IK07		
	Z drzwiami	IK08		
Szerokość		24 moduły	36 moduły	Przedział kablowy
Szerokość całkowita		725 mm	975 mm	475 mm
Wysokość maskowania		1800 mm		
Całkowita wysokość		2000 mm		
Całkowita głębokość		475 mm, 725 mm i 975 mm		
Kolor		RAL 7035		
Zgodność z normami		PN-EN 6439-1		

XL Pro²: program do projektowania rozdzielnic elektrycznych nN

Program XL Pro² to doskonałe narzędzie wspomagające projektowanie rozdzielnic elektrycznych. Baza danych w tym programie zawiera kompletną ofertę produktów z zakresu rozdziału energii nN produkcji Legrand, ich parametry oraz cenę.
Na podstawie wyboru parametrów oraz systemu rozdziału energii i wyboru aparatów program dobiera automatycznie obudowę oraz rozmieszcza w niej aparaty.
Przyjazny interfejs i modułowa koncepcja tego programu sprawiają, że program jest łatwy w użytkowaniu i może być wykorzystywany w przypadku różnych metod projektowania.

Dobór aparatu i wyposażenia pomocniczego.

Zestawienie elementów składowych rozdzielnicy można wygenerować, zaczynając projektowanie od rysowania schematu.

Rozmieszczenie aparatów można modyfikować bezpośrednio, w module wizualizacji rozdzielnicy.

Program XL Pro² generuje zestawienie aparatów oraz wykonuje kosztorys całej rozdzielnicy.

Separacje wewnątrz rozdzielnic elektrycznych

Separacje, które opisuje norma PN-EN 60439-1, mają na celu zapewnienie ciągłości działania instalacji poprzez wydzielenie zamkniętych, zabezpieczonych przestrzeni wewnątrz rozdzielnic. Ułatwia to wykonywanie przeglądów najważniejszych elementów instalacji.

Norma PN-EN 60439-1 opisuje cztery rodzaje separacji wewnątrz rozdzielnic, natomiast same separacje są dzielone na dwa rodzaje: „a" i „b". Separacje wewnętrzne wykonuje się przy użyciu metalowych lub izolacyjnych przegród bądź ekranów. Służą one wydzieleniu w rozdzielnicy zamkniętych, zabezpieczonych przestrzeni.
Separacje w rozdzielnicach mają dwa cele:
– zabezpieczenie przed porażeniem przy dotyku bezpośrednim z niebezpiecznymi częściami jednostek funkcjonalnych, które znajdują się w pobliżu; stopień ochrony powinien być co najmniej równy IPXXB,
– zabezpieczenie przed kontaktem z ciałami stałymi; stopień ochrony powinien być co najmniej równy IP2X (stopień ochrony IP2X obejmuje stopień ochrony IPXXB).
Głównym celem separacji jest zagwarantowanie ciągłości zasilania elektrycznego w przypadku awarii lub przy wykonywaniu przeglądów serwisowych rozdzielnic. Separacje ograniczają również rozprzestrzenianie się łuku elektrycznego.
Przegrody, które wykonuje się w rozdzielnicach, ograniczają znacznie naturalną wentylację obudów i wpływają na stopień ich nagrzewania, co powoduje, że zwiększa się rozmiar rozdzielnicy w fazie projektowania, a co za tym idzie, jej koszt.
Stosowanie separacji w rozdzielnicach nie jest obowiązkowe; jest to rodzaj porozumienia między projektantem rozdzielnicy i jej użytkownikiem.

Używane słownictwo

System XL³ 4000 umożliwia wykonanie wszystkich rodzajów separacji przy zastosowaniu elementów podanych w katalogu.

Poszczególne rodzaje separacji		
Separacja 1		Nie ma żadnych separacji w rozdzielnicy
Separacja 2a		Separacja między szynami zasilającymi a jednostkami funkcjonalnymi. Zaciski odpływowe nie muszą być odseparowane od szyn zasilających
Separacja 2b		Separacja między szynami zasilającymi a jednostkami funkcjonalnymi. Zaciski odpływowe są odseparowane od szyn zasilających

Separacje wewnątrz rozdzielnic elektrycznych

(ciąg dalszy)

Poszczególne rodzaje separacji (ciąg dalszy)		
Separacja 3a		Separacja między szynami zasilającymi a jednostkami funkcjonalnymi i separacja pomiędzy poszczególnymi jednostkami funkcjonalnymi. Zaciski odpływowe nie muszą być odseparowane od szyn zasilających
Separacja 3b		Separacja między szynami zasilającymi a jednostkami funkcjonalnymi i separacja pomiędzy poszczególnymi jednostkami funkcjonalnymi. Oddzielenie zacisków odpływowych od jednostek funkcjonalnych, ale nie ma separacji pomiędzy zaciskami
Separacja 4a		Separacja między szynami zasilającymi a jednostkami funkcjonalnymi, separacja pomiędzy poszczególnymi jednostkami funkcjonalnymi i zaciskami odpływowymi, które są częścią jednostek funkcjonalnych. Zaciski odpływowe znajdują się w tej samej przegrodzie co jednostki funkcjonalne
Separacja 4b		Separacja między szynami zasilającymi a jednostkami funkcjonalnymi, separacja pomiędzy poszczególnymi jednostkami funkcjonalnym i zaciskami odpływowymi. Zaciski odpływowe nie znajdują się w tej samej przegrodzie co jednostki funkcjonalne, ale w oddzielnych wydzielonych przedziałach

Jednostka funkcjonalna

Termin ten oznacza część pewnego zestawu. Zestaw ten zawiera elementy mechaniczne i elektryczne, które spełniają jedną funkcję. W przypadku rozdzielnic elektrycznych jednostka funkcjonalna prawie zawsze składa się z aparatu zabezpieczającego i ewentualnie z wyposażenia pomocniczego tego aparatu.

Przegląd wyłącznika DPX w wykonaniu wysuwnym, zamontowanego w rozdzielnicy XL³ 4000, w której wykonano separację 3b. >

Gdy podstawowym kryterium jest możliwość wykonywania przeglądów serwisowych lub rozbudowywanie rozdzielnicy bez wyłączania zasilania, wówczas doskonałym rozwiązaniem jest system XL-Part.

Podstawa gniazdowa
+ osłony szyn + osłona zacisków
= bezpieczne przeglądy serwisowe i naprawy

Pusta podstawa = bezpieczna rozbudowa rozdzielnicy

Certyfikowanie zestawów rozdzielnic

Certyfikowanie zestawów rozdzielnic jest bardzo łatwe wówczas, gdy rozdzielnica jest wykonana na bazie urządzeń odpowiednio przetestowanych i takich, które posiadają odpowiednie dopuszczenia. Pozostaje tylko wykonanie testów kontrolnych i końcowy przegląd całości.

PRZEPISY PRAWNE

Certyfikowanie rozdzielnic opisuje norma europejska PN-EN 60439-1, która powstała na bazie normy IEC 60439-1. Norma ta określa wspólne wymagania dotyczące rozdzielnic we wszystkich krajach Europy. Norma ta podaje definicje, warunki pracy, wytyczne dotyczące konstrukcji, parametry techniczne oraz badania, które należy wykonać na rozdzielnicach nN.
Zgodność wykonania rozdzielnicy z normą PN-EN 60439-1 poświadczana jest przez producenta rozdzielnicy lub przez jej prefabrykatora.
Deklaracja taka musi uwzględniać trzy podstawowe zasady:
– rozdzielnica musi być wykonana na bazie przetestowanych urządzeń, które spełniają wymogi odpowiednich norm; są to badania typu, które wykonuje również Legrand,
– muszą być przestrzegane zasady doboru urządzeń, a sposób ich instalowania musi być zgodny z obowiązującymi przepisami, zasadami praktyki inżynierskiej oraz innymi środkami ostrożności, które podaje producent,
– należy sporządzić skrócony raport z testów indywidualnych (testów izolacji, ciągłości części przewodzących) i końcowego przeglądu rozdzielnicy.
Jeśli zasady te są dokładnie przestrzegane, można wówczas wydać deklarację zgodności dla danej rozdzielnicy.
Zgodność z normą PN-EN 60439-1 daje możliwość umieszczenia znaku CE na rozdzielnicy, jeśli taki znak jest wymagany.

Jak poświadczyć zgodność rozdzielnicy z normą?

Zgodność z normą poświadcza – w zależności od kraju – prefabrykator, biuro projektów, instalator lub użytkownik przez wydanie deklaracji. Aby uniknąć długotrwałych testów, które mogą powodować niszczenie rozdzielnicy, norma daje możliwość ograniczenia ich do minimum oraz możliwość oparcia się na tzw. „badaniu typu", które wykonuje producent. Legrand przeprowadził takie badania na całej gamie rozdzielnic XL³ pod kontrolą niezależnej instytucji certyfikującej o międzynarodowym zasięgu.

< Próba odporności na uderzenie mechaniczne przy użyciu młota wahadłowego wykonywana na szafie Altis.

BADANIE TYPU

Zestawy seryjne (ES)

Badania typu, których jest siedem rodzajów, wykonuje się w sposób oficjalny na reprezentatywnych zestawach, w których konfiguracja aparatów oraz okablowanie wykonano w sposób typowy. Zestawy te zwane są „Zestawami seryjnymi".

Badania typu, zgodnie z normą PN-EN 60439-1

Badania typu obejmują sprawdzanie:
- granicznych przyrostów temperatury,
- właściwości dielektrycznych,
- wytrzymałości zwarciowej,
- skuteczności obwodu ochronnego,
- odstępów izolacyjnych i linii upływu,
- działania mechanicznego,
- stopnia ochrony (IP).

Graniczne przyrosty temperatury

• Sprawdzanie przyrostów temperatury w zestawach rozdzielnic

Próba ta jest wykonywana na urządzeniach pracujących w ekstremalnych warunkach użytkowania (natężenie prądu, ilość aparatów, objętość obudów). Test umożliwia ustalenie czynników, które mają wpływ na bilans termiczny dla średniego przyrostu temperatury powietrza w rozdzielnicach poniżej 30°C i przyrostu temperatury zacisków poniżej 70°C.

• Badanie przyrostu temperatury zestawów szyn zasilających

Poszczególne wartości prądu przewidziane dla wszystkich zestawów szyn i bloków rozdzielczych zostały sprawdzone w skrajnych warunkach funkcjonowania, w zależności od stopnia ochrony obudowy (IP ⩽ 30 i IP > 30), tak aby przyrost temperatury szyn zasilających nie przekroczył 65°C.

Właściwości dielektryczne

Testy dielektryczne sprawdzają wytrzymałość izolacji przy maksymalnym napięciu użytkowym. Wykonuje się je przy częstotliwości 50 Hz oraz impulsami napięciowo-prądowymi, które symulują wyładowania atmosferyczne.

Wytrzymałość zwarciowa

Wykonywane próby gwarantują odpowiednią wytrzymałość zestawów szyn zasilających, ich wsporników, a także rozłączników i aparatów zabezpieczających oraz rozdzielnic na oddziaływanie termiczne i elektrodynamiczne.

Skuteczność obwodu ochronnego

Skuteczność obwodu ochronnego jest jednym z elementów, które gwarantują bezpieczeństwo instalacji. Ciągłość tego obwodu sprawdza się zgodnie z normą PN-EN 60439-1, przepuszczając prąd testowy o natężeniu 25 A między zaciskami przewodów ochronnych a poszczególnymi dostępnymi elementami przewodzącymi. Legrand dodatkowo wykonuje test polegający na przepuszczaniu prądu uszkodzeniowego o dużej wartości, który mógłby powstać na skutek przypadkowego odłączenia się przewodu czynnego.
Obwody ochronne i inne elementy (przewody, zaciski lub szyny zbiorcze) są dobierane i testowane w ten sposób, aby wytrzymywały oddziaływanie termiczne maksymalnego prądu zwarciowego, który może przepłynąć zależnie od wartości prądu zasilającego rozdzielnicę.

Odległości izolacyjne i linie upływu

Sposoby pomiaru linii upływu i odległości izolacyjnych podano dokładnie w aneksie F do normy PN-EN 60439-1. Przerwy izolacyjne mierzy się między częściami czynnymi o różnej biegunowości oraz między częściami przewodzącymi czynnymi a częściami przewodzącym dostępnymi.
Zamontowanie aparatów i wyposażenia z gamy aparatury modułowej gwarantuje zachowanie przepisowych przerw izolacyjnych między tymi aparatami, pod warunkiem że zamontowano je zgodnie z zaleceniami podanymi przez producenta.
Doświadczenie pokazuje, że największe zagrożenie związane ze zmniejszeniem odstępów izolacyjnych powstaje podczas wykonywania okablowania. Sprawdzanie podłączeń przewodów, wiązek przewodów i zestawów szyn zasilających powinno być wykonywane z największą dokładnością.
Nieodpowiednie łączniki, połączenia śrubowe, nakładki, lub metalowe wsporniki mogą zmniejszyć zakładane parametry izolacyjne.

Certyfikowanie zestawów rozdzielnic (ciąg dalszy)

Sprawdzanie działania mechanicznego

Zgodnie z zaleceniami normy próby wykonuje się na elementach wyposażenia i urządzeniach, dla których nie przewidziano specjalnych wymagań. Poprawne działanie mechaniczne sprawdza się, wykonując 50 cykli roboczych na elementach wysuwnych i w miejscach zamocowania osłon.

Sprawdzanie stopnia ochrony (IP)

Stopień ochrony IP oznacza zdolność ochrony osób przed dostępem do części niebezpiecznych oraz stopień zabezpieczenia urządzeń przed przedostawaniem się do ich wnętrza ciał stałych (pierwsza cyfra) i cieczy (druga cyfra). Dodatkowa litera oznacza ochronę przed dostępem do niebezpiecznych elementów w rozdzielnicy. Rozdzielnice Legrand są doskonale dostosowane do pracy w różnego rodzaju środowiskach.

Zestawy pozaseryjne

Zestawy pozaseryjne, są to zestawy zawierające zarówno urządzenia, które zostały poddane badaniom typu (okablowanie, aparatura, bloki rozdzielcze) jak i urządzenia niestandardowe. W takich zestawach wyłącznie urządzenia niestandardowe powinny być sprawdzane przy użyciu testów, obliczeń, przez analogię lub rozszerzenie funkcji.
Wszelkie informacje techniczne dostarczane przez firmę Legrand pozwalają upewnić się, że dobór obudów, obliczenia szyn zasilających i zabezpieczenia zostały wykonane zgodnie z zaleceniami.

Stopnie ochrony IP zgodnie z normami IEC 60529 i PN-EN 60529

1 cyfra: ochrona przed ciałami stałymi i dostępem do niebezpiecznych elementów

IP	Test	Przedmiot o danych rozmiarach nie przedostaje się do obudowy
0		Brak ochrony
1		Ochrona przed obcymi ciałami stałymi o średnicy 50 mm i większej
2		Ochrona przed obcymi ciałami stałymi o średnicy 12,5 mm i większej
3		Ochrona przed obcymi ciałami stałymi o średnicy 2,5 mm i większej
4		Ochrona przed obcymi ciałami stałymi o średnicy 1,0 mm i większej
5		Ochrona przed pyłem (przenikający osad nie stwarza zakłóceń)
6		Całkowita ochrona przed pyłem

2 cyfra: ochrona przed cieczami

IP	Test	
0		Brak ochrony
1		Ochrona przed pionowo padającymi kroplami wody
2		Ochrona przed pionowo padającymi kroplami wody przy wychyleniu obudowy do 15°
3		Ochrona przed natryskiwaniem wodą
4		Ochrona przed bryzgami wody
5		Ochrona przed strugą wody
6		Ochrona przed silną strugą wody
7		Ochrona przed skutkami krótkotrwałego zanurzenia w wodzie
8		Ochrona przed skutkami długotrwałego zanurzenia w wodzie

Dodatkowa litera:

IP	Test	Sonda sprawdzania dostępności pozostaje w wystarczającej odległości od elementów czynnych
A		Ochrona przed dostępem do elementów czynnych dla kuli o średnicy 50 mm
B		Ochrona przed dostępem do elementów niebezpiecznych dla probierczego palca przegubowego
C		Ochrona przed dostępem do elementów niebezpiecznych dla pręta probierczego o średnicy 2,5 mm
D		Ochrona przed dostępem do elementów niebezpiecznych dla druta probierczego o średnicy 1 mm

BADANIA KONSTRUKCJI

Badania konstrukcji opisuje norma PN-EN 60439-3. Norma podaje sześć rodzajów badań, które służą do sprawdzenia jakości konstrukcji i uzupełniają siedem badań typu z normy PN-EN 60439-1. Badania konstrukcji wykonuje się na rozdzielnicach, w których prąd zasilania nie przekracza 250 A na początku instalacji i które są instalowane w pomieszczeniach, do których mają dostęp osoby niewykwalifikowane (mieszkania, domy, budynki użyteczności publicznej, biura).

Badania konstrukcji zgodnie z normą PN-EN 60439-3

Badania sprawdzają następujące właściwości:
- odporność na uderzenia mechaniczne,
- odporność na korozję,
- odporność na wilgoć,
- wytrzymałość mechaniczną elementów mocujących,
- odporność izolacji na działanie wysokiej temperatury,
- odporność na ogień.

Odporność na uderzenia mechaniczne

• Próba przy użyciu młota sprężynowego

Zgodnie z normą IEC 60068-2-63 próbę tę wykonuje się w temperaturze -5°C przy użyciu probierczego młotka sprężynowego, uderzającego z energią 0,7 Joule'a.

• Próba przy użyciu młota wahadłowego

Próba ta, wykonywana zgodnie z wymaganiami normy europejskiej PN-EN 50102, pozwala na ustalenie stopnia ochrony przed udarami mechanicznymi (IK).

Odporność na korozję

• Próba odporności na działanie chlorku amonowego

Próba sprawdza brak śladów korozji po zanurzeniu części na 10 minut w roztworze chlorku amonowego (zgodnie z normą PN-EN 60439-3).

• Próba odporności na działanie solanki

Próba jest wykonywana zgodnie z normą IEC 60068--2-11 i ma na celu wykazanie odporności konstrukcji na działanie solanki w czasie powyżej 168 godzin (w przypadku rozdzielnic XL³ przy 400 V), co jest dowodem, że rozdzielnice te są odporne na wilgoć (grupa I i grupa II zgodnie z normą IEC 60664-1).

Odporność na wilgoć

Próba wykonywana zgodnie z przepisami normy IEC 60068-2-3 polega na sprawdzeniu, czy w wyniku umieszczenia rozdzielnicy na 4 dni w komorze (temperatura 40°C, wilgotność względna 95%) nie wystąpiło pogorszenie parametrów izolacji obudowy, zestawów szyn i wsporników. Zastosowane materiały izolujące posiadają odporność na prądy pełzające równą co najmniej 400 V, co czyni izolację bardzo mało wrażliwą na działanie wilgoci (grupy I i II zgodnie z normą IEC 60664-1).

Stopień ochrony IK przed uderzeniem mechanicznym zgodnie z normą PN-EN 50102

Stopień	Test	Energia w Joule`ach
IK00		0
IK01		0,15
IK02		0,2
IK03		0,35
IK04		0,5
IK05		0,7
IK06		1
IK07		2
IK08		5
IK09		10
IK10		20

Certyfikowanie zestawów rozdzielnic (ciąg dalszy)

Wytrzymałość mechaniczna elementów mocujących obudowy

Próba polega na odkręcaniu i dokręcaniu momentem wymaganym przez normę PN-EN 60439-3 śrub lub nakrętek:
– pięciokrotnie w przypadku gwintów metalowych,
– dziesięciokrotnie w przypadku gwintów wykonanych z materiału izolacyjnego.

Odporność materiałów izolacyjnych na podwyższoną temperaturę

• Próba wystawienia na działanie temperatury 70°C przez 168 godzin

Testowane rozdzielnice nie mogą doznać żadnych uszkodzeń, które zgodnie z normą EN 60439-3 mogłyby uniemożliwić ich normalne używanie po wystawieniu na działanie temperatury 70°C przez 168 godzin.

• Próba przy użyciu kulki

Próba wykonywana jest bezpośrednio na tworzywie, z którego zbudowana jest rozdzielnica, w celu sprawdzenia czy nie występuje uplastycznienie powierzchni (pełzanie materiału) pod wpływem jej podgrzania. Po wystawieniu części podtrzymujących elementy czynne na działanie temperatury 125°C, a pozostałych powierzchni na działanie temperatury 70°C, średnica odcisku kulki nie może przekroczyć 2 mm.

Odporność na ogień

Test przy użyciu rozżarzonego drutu zgodnie z normą IEC 60695-2-1 wykonywany jest w celu sprawdzenia zachowania się tworzywa pod wpływem ognia oraz jego właściwości do samoistnego ugaszania. Części izolacyjne rozdzielnic podtrzymujące elementy pod napięciem poddawane są działaniu temperatury 960°C, natomiast pozostałe elementy na działanie temperatury 630°C. Płomień powinien zgasnąć w ciągu 30 sekund po oddaleniu żarzącego się drutu. Wszystkie elementy składowe rozdzielnic XL³ spełniają ten wymóg.

< Próba przy użyciu kulki.

< Próba przy użyciu rozżarzonego drutu.

KONTROLA INDYWIDUALNA

Norma PN-EN 60439-1 nakłada wymóg przeprowadzania końcowej kontroli wszystkich oprzewodowanych elementów. Kontrola ta ma na celu sprawdzenie, czy wszystkie najważniejsze parametry związane z bezpieczeństwem (izolacja, obwody ochronne) są zachowane. Zgodność z normą poszczególnych elementów rozdzielnic produkcji Legrand umożliwia uproszczenie tej procedury. Oględziny rozdzielnicy są przedmiotem końcowego raportu z badań, w którym przedstawia się wyniki kontroli.

Kontrole indywidualne zgodnie z normą PN-EN 60439-1

Raport z kontroli powinien zawierać:
– sprawdzenie całej rozdzielnicy, w tym oprzewodowania, oznakowania przewodów oraz ewentualne testy elektryczne,
– sprawdzenie izolacji przez wykonanie testu dielektrycznego lub pomiaru rezystancji izolacji,
– pomiary kontrole zabezpieczeń przed porażeniem przy dotyku pośrednim i ciągłość obwodu ochronnego.

OZNAKOWANIE ZESTAWÓW ROZDZIELNIC

Prefabrykowane rozdzielnice powinny być oznakowane w sposób widoczny oraz trwały i muszą posiadać następujące oznaczenia:
– tabliczkę z nazwą producenta,
– tabliczkę lub etykietkę, która potwierdza zgodność rozdzielnicy z normą, np. PN-EN 60439-1, razem z numerem deklaracji zgodności,
– ewentualnie etykietkę ze znakiem CE.

Przykład etykietki potwierdzającej zgodność z normą

Rozdzielnica wykonana zgodnie z normą PN-EN 60439-1

Deklaracja nr
.....

Minimalne zalecane wymiary etykietki: 50 x 30 mm.

Znak CE

Uwaga: Oznaczenie CE wykonuje się na wyłączną odpowiedzialność prefabrykatora rozdzielnicy lub na odpowiedzialność osoby, która wprowadza wyrób na rynek.
W przypadku kontroli osoba odpowiedzialna musi udowodnić zgodność z podstawowymi wymaganiami bezpieczeństwa.
Normy PN-EN 60439-1 i PN-EN 60439-3 wchodzą w skład norm zharmonizowanych, które są zgodne z wymaganiami:
- dyrektywy Niskiego Napięcia (DBT) CEE/73/23, zmienionej przez CEE/89/336,
- dyrektywy Kompatybilności Elektromagnetycznej (CEM) CEE/89/336.
Inne związane dyrektywy:
- dyrektywa CEE/82/392 „Maszyny",
- dyrektywa CEE/89/655 „Sprzęt ",
- dyrektywa 89/5/CE „Terminale komunikacyjne"
można stosować całościowo lub w niektórych częściach rozdzielnic.
Znak CE oznacza zgodność z wszystkimi dyrektywami, które obowiązują w momencie oddania rozdzielnicy do eksploatacji.

Znak CE stał się obowiązkowy na mocy dyrektyw Rady Wspólnoty Europejskiej. Znak CE nie jest znakiem jakości; nie dotyczy funkcjonalności ani sprawności urządzeń. Jest to zaświadczenie producenta (lub reprezentanta producenta) o zgodności wyrobu z najważniejszymi dyrektywami dotyczącymi danego produktu.
Jest to również rodzaj „paszportu", który pozwala na swobodne przemieszczanie się towarów w ramach Unii Europejskiej.
W związku z tymi zasadami rozdzielnice elektryczne i zespoły rozdzielnic stanowią pewien szczególny przypadek. Z jednej strony rozdzielnice składają się z wielu urządzeń i elementów o różnej budowie i koncepcji łączenia, z drugiej strony – stanowią pewną całość i zwykle są przeznaczone do konkretnej instalacji, w związku z czym nie krążą jako „jednostki handlowe".
Zwyczajowo rozdzielnic przeznaczonych do konkretnej instalacji nie oznacza się znakiem CE, gdyż takie rozdzielnice nie znajdują się w stałym obrocie handlowym. Natomiast rozdzielnice przenośne, seryjnie prefabrykowane, powinny posiadać znak CE.

Wyłączniki i rozłączniki powietrzne DMX

Wyłączniki DMX są dostępne w dwóch rozmiarach obudów. Ich prądy znamionowe zawierają się w zakresie od 1250 A do 4000 A. Mają dwie wartości zdolności zwarciowych (50 kA i 100 kA) i trzy dostępne rodzaje wykonań: stacjonarne, wysuwne i z blokadą mechaniczną (SZR). Wyłączniki DMX można wyposażać w nowoczesne elektroniczne wyzwalacze nadprądowe i dobierać do nich wyposażenie dodatkowe. Gamę wyłączników uzupełniają rozłączniki DMX-I.

^ Wyłącznik DMX 2500 w wersji stacjonarnej.

Wyłączniki DMX i DMX-L

Prąd znamionowy I_n (A)	Zdolność wyłączania zwarciowa graniczna I_{cu} (kA)	Wersja stacjonarna 3P	Wersja stacjonarna 4P	Wersja wysuwna 3P	Wersja wysuwna 4P
1250	50	0267 02	0267 12	0268 02	0268 12
	100	0267 52	0267 62	0268 52	0268 62
1600	50	0267 03	0267 13	0268 03	0268 13
	100	0267 53	0267 63	0268 53	0268 63
2000	50	0267 04	0267 14	0268 04	0268 14
	100	0267 54	0267 64	0268 54	0268 64
2500	50	0267 05	0267 15	0268 05	0268 15
	100	0267 55	0267 65	0268 55	0268 65
3200	50	0267 06	0267 16	0268 06	0268 16
	100	0267 56	0267 66	0268 56	0268 66
4000	50	0267 07	0267 17	0268 07	0268 17
	100	0267 57	0267 67	0268 57	0268 67

Rozłączniki DMX-I

Prąd znamionowy I_n (A)	Wersja stacjonarna 3P	Wersja stacjonarna 4P	Wersja wysuwna 3P	Wersja wysuwna 4P
1250	0267 72	0267 82	0268 72	0268 82
1600	0267 73	0267 83	0268 73	0268 83
2000	0267 74	0267 84	0268 74	0268 84
2500	0267 75	0267 85	0268 75	0268 85
3200	0267 76	0267 86	0268 76	0268 86
4000	0267 77	0267 87	0268 77	0268 87

Przekształcanie aparatu z wersji stacjonarnej na wersję wysuwną

Prąd znamionowy I_n (A)	Kaseta + Złącza wtykowe: DMX i DMX-I 3P	DMX i DMX-I 4P	DMX-L 3P	DMX-L 4P	DMX i DMX-I 3P	DMX i DMX-I 4P	DMX-L 3P	DMX-L 4P
od 1250 do 1600	0269 00	0269 03	0269 01	0269 04	0269 78	0269 82	0269 80	0269 84
od 2000 do 2500	0269 00	0269 03	0269 01	0269 04	0269 79	0269 83	0269 80	0269 84
3200	0269 01	0269 04	0269 01	0269 04	0269 80	0269 84	0269 80	0269 84
4000	0269 02	0269 05	0269 02	0269 05	0269 81	0269 85	0269 81	0269 85

Wyposażenie dodatkowe do sterowania i sygnalizacji

Rodzaj urządzenia	Napięcie znamionowe (V)		Nr referencyjny
	Prąd przemienny	Prąd stały	
Wyzwalacz wzrostowy	-	24/30	0269 64
	-	48	0269 65
	220/250	220/250	0269 67
Wyzwalacz podnapięciowy	-	24/30	0269 73
	-	48	0269 69
	220/250	-	0269 71
Wyzwalacz podnapięciowy z opóźnieniem	-	48	0269 74
	220/250	-	0269 76
Napęd silnikowy	-	24/30	0269 54
	-	48	0269 55
	220/250	-	0269 58
Cewka zamykania	-	24/30	0269 60
	-	48	0269 61
	220/250	220/250	0269 63
Sterownik do SZR – Standardowy	230	12-24-48	0261 93
Sterownik do SZR – Z możliwością komunikacji	230	12-24-48	0261 94
Styk alarmowy 1NO			0269 52
Styk sygnalizujący pozycję aparatu (przyłączony/test/odłączony) 5NO+3NZ			0269 50
Tester wyłączników			0269 28
Zasilacz			0269 27

Wyposażenie dodatkowe – blokady wyłączników

Rodzaj urządzenia		Nr referencyjny
Blokada z kluczem w pozycji „otwarty”	Ronis	0269 31
	Profalux	0269 32
Blokada z kluczem w pozycji „odłączony”	Ronis	0269 41
	Profalux	0269 42
Blokada drzwi	Montaż z lewej strony	0269 88
	Montaż z prawej strony	0269 87
Blokada wsunięcia niewłaściwego wyłącznika		0269 86
Licznik załączeń		0269 89

Wyposażenie dodatkowe do przełącznika zasilania rezerwowego

Rodzaj urządzenia		Wykonanie stacjonarne		Wykonanie wysuwne	
		3P	4P	3P	4P
Blokada mechaniczna	DMX/DMX-I 2500	0269 95	0269 96	0269 91	0269 92
	DMX/DMX-I 4000 i DMX-L 2500/4000	0269 97	0269 98	0269 93	0269 94
Cięgno do blokady mechanicznej		0269 99			

Wyłączniki i rozłączniki DPX

Wyłączniki DPX są dostępne na prądy znamionowe od 16 do 1600 A w sześciu rozmiarach obudów. Mają wspólne wyposażenie dodatkowe i wiele możliwości przyłączania, co powoduje, że ich instalowanie jest wyjątkowo łatwe. W wyłącznikach DPX można montować dwa rodzaje wyzwalaczy: wzrostowe i podnapięciowe oraz dokładnie nastawiać progi zabezpieczeń. Dostępne wykonania: stacjonarne, wtykowe, wysuwne, z napędem silnikowym spełniają wszystkie wymogi dotyczące zapewnienia ciągłości zasilania oraz serwisowania tego typu urządzeń.

^ Wyłącznik DPX 1600 z wyzwalaczem elektronicznym.

Wyłączniki DPX z wyzwalaczami termiczno-magnetycznymi od 16 do 125 A

		DPX 125							
I_{cu} (przy 400 V)		16 kA			25 kA			36 kA	
Ilość biegunów		3P	3P+N/2	4P	3P	3P+N/2	4P	3P	4P
I_n (A)	16	0250 18		0250 24	0250 36		0250 44	0250 50	0250 58
	25	0250 17		0250 25	0250 37		0250 45	0250 51	0250 59
	40	0250 18		0250 26	0250 38		0250 46	0250 52	0250 60
	63	0250 19		0250 27	0250 39		0250 47	0250 53	0250 61
	100	0250 20	0250 22	0250 28	0250 40	0250 42	0250 48	0250 54	0250 62
	125	0250 21	0250 23	0250 29	0250 41	0250 43	0250 49	0250 55	0250 63

Wyłączniki DPX z wyzwalaczami termiczno-magnetycznymi od 25 do 250 A

		DPX 160			DPX 250 ER					
I_{cu} (przy 400 V)		36 kA			36 kA			50 kA		
Ilość biegunów		3P	3P+N/2	4P	3P	3P+N/2	3P	4P	3P+N/2	4P
I_n (A)	25									
	40	0251 48		0251 56						
	63	0251 41		0251 57	0252 23		0252 33	0252 43		0252 53
	100	0251 50		0251 58	0252 24	0252 27	0252 34	0252 44	0252 47	0252 54
	160	0251 51	0251 53	0251 59	0252 25	0252 28	0252 35	0252 45	0252 48	0252 55
	250				0252 26	0252 29	0252 36	0252 46	0252 49	0252 56

Wyłączniki DPX z wyzwalaczami termiczno-magnetycznymi od 100 do 1250 A

		DPX 250		DPX-H 250		DPX 630		DPX-H 630		DPX 1250		DPX-H 1250	
I_{cu} (przy 400 V)		36 kA		70 kA		36 kA		70 kA		50 kA		70 kA	
Ilość biegunów		3P	4P	3P	4P	3P	4P	3P	4P	3P	3P+N/2	3P	3P+N/2
I_n (A)	100	0253 29	0253 47	0253 54	0253 71								
	160	0253 30	0253 48	0253 55	0253 72								
	250	0253 31	0253 49	0253 56	0253 73	0255 21	0255 36	0255 41	0255 56				
	320					0255 22	0255 37	0255 42	0255 57				
	400					0255 23	0255 38	0255 43	0255 58				
	500					0255 25	0255 39	0255 45	0255 59				
	630					0255 24	0255 40	0255 44	0255 60	0258 01	0258 08	0258 15	0258 22
	800									0258 02	0258 09	0258 16	0258 23
	1000									0258 03	0258 10	0258 17	0258 24
	1250									0258 04	0258 11	0258 18	0258 25

Wyłączniki DPX z wyzwalaczami elektronicznymi S1 od 40 do 1600 A

		DPX 250		DPX-H 250		DPX 630		DPX-H 630		DPX 1600		DPX-H 1600	
I_{cu} (przy 400 V)		36 kA		70 kA		36 kA		70 kA		50 kA		70 kA	
U_i (V)		690		690		690		690		690		690	
Ilość biegunów		3P	4P	3P	4P	3P	4P	3P	4P	3P	3P+N/2	3P	3P+N/2
I_n (A)	40	0254 01	0254 07	0254 13	0254 19								
	100	0254 03	0254 09	0254 15	0254 21								
	160	0254 04	0254 10	0254 16	0254 22								
	250	0254 05	0254 11	0254 17	0254 23	0256 01	0256 05	0256 09	0256 13				
	400					0256 02	0256 06	0256 10	0256 14				
	630					0256 03	0256 07	0256 11	0256 15	0257 01	0257 05	0257 09	0257 13
	800									0257 02	0257 06	0257 10	0257 14
	1250									0257 03	0257 07	0257 11	0257 15
	1600									0257 04	0257 08	0257 12	0257 16

Wyłączniki DPX z wyzwalaczami elektronicznymi S2 od 160 do 1600 A

		DPX 630		DPX-H 630		DPX 1600		DPX-H 1600	
I_{cu} (przy 400 V)		36 kA		70 kA		50 kA		70 kA	
U_i (V)		690		690		690		690	
Ilość biegunów		3P	4P	3P	4P	3P	4P	3P	4P
I_n (A)	160	0256 25	0256 29	0256 33	0256 37				
	250	0256 26	0256 30	0256 34	0256 38				
	400	0256 27	0256 31	0256 35	0256 39				
	630	0256 28	0256 32	0256 36	0256 40	0257 25	0257 29	0257 33	0257 37
	800					0257 26	0257 30	0257 34	0257 38
	1250					0257 27	0257 31	0257 35	0257 39
	1600					0257 28	0257 32	0257 36	0257 40

Rozłączniki DPX-I od 125 do 1600 A

		DPX-I 125		DPX-I 160		DPX-I 250 ER		DPX-I 250		DPX-I 630		DPX-I 1600	
Ilość biegunów		3P	4P	3P	4P	3P	4P	3P	4P	3P	4P	3P	4P
I_n (A)	125	0250 98	0250 99										
	160			0251 98	0251 99								
	250					0252 98	0252 99	0253 98	0253 99				
	400									0255 86	0255 87		
	630									0255 88	0255 89	0257 92	0257 93
	800											0257 94	0257 95
	1250											0257 96	0257 97
	1600											0257 98	0257 99

Wyłączniki i rozłączniki DPX
(ciąg daszy)

Elektroniczne bloki różnicowoprądowe

		DPX 125			DPX 160			DPX 250 ER		DPX 250		DPX 630	
Sposób montażu		Boczny		Dolny	Boczny		Dolny	Boczny	Dolny	Dolny		Dolny	
Ilość biegunów		3P	4P	4P	4P	4P	4P	4P	4P	3P	4P	3P	4P
I_n (A)	63	0260 02	0260 03										
	125	0260 12	0260 13	0260 14									
	160				0260 20	0260 21	0260 22	0260 31	0260 33				
	250							0260 36	0260 38	0260 54	0260 55		
	400											0260 60	0260 61
	630											0260 64	0260 65

Przekaźniki różnicowoprądowe i przekładniki

Przekaźnik różnicowoprądowy	Przekładnik (Ø mm)					Przekładnik prądowy otwierany (Ø mm)	
	35	80	110	140	210	150	300
0260 88	0260 92	0260 93	0260 94	0260 95	0260 96	0260 97	0260 98

Podstawy i akcesoria do wykonań gniazdowych i wysuwnych DPX i DPX-I

		DPX 125 DPX-I 125	DPX 160 DPX-I 160	DPX 250 ER DPX-I 250 ER	DPX 250 DPX-I 250	DPX 630 DPX-I 630	DPX 1600 DPX-I 1600
Przekształcanie z wykonania stacjonarnego na gniazdowe (tulejki + podstawa)							
Tulejki stykowe	3P	0263 08	0263 18	0265 12	0265 29	0265 50	
	4P	0263 09	0263 19	0265 13	0265 30	0265 51	
Podstawa do przyłączenia górnego	3P	0263 02	0263 12	0265 14	0265 31	0265 52	
	4P	0263 04	0263 14	0265 15	0265 32	0265 53	
	4P + blok różnicowoprądowy		0263 16	0265 20	0265 37	0265 58	
Podstawa do przyłączenia tylnego (trzpienie gwintowane)	3P	0263 03	0263 13	0265 16	0265 33	0265 54	
	4P	0263 05	0263 15	0265 17	0265 34	0265 55	
	4P + blok różnicowoprądowy		0263 17	0265 21	0265 38	0265 59	
Podstawa do przyłączenia tylnego (końcówki płaskie)	3P				0265 35	0265 56	
	4P				0265 36	0265 57	
	4P + blok różnicowoprądowy				0265 39	0265 60	
Przekształcanie z wykonania stacjonarnego na wysuwne							
Podstawa do przyłączenia górnego + tulejki + mechanizm wysuwny	3P						0265 82
	4P						0265 83
Podstawa do przyłączenia tylnego + tulejki + mechanizm wysuwny	3P						0265 84
	4P						0265 85
Przekształcanie z wykonania gniazdowego na wysuwne							
Mechanizm wysuwny	3P				0265 45	0265 66	
	4P				0265 46	0265 67	
	4P + blok różnicowoprądowy				0265 47	0265 68	
Akcesoria							
Złączki 6-stykowe					0098 19		0098 19
Złączki 8-stykowe		0263 99	0263 99	0263 99	0263 99	0263 99	0263 99
Uchwyt do wyciągania wyłącznika					0263 43	0263 68	
Korba ręczna					0265 75	0265 75	0265 75
Styk sygnalizacyjny, wykonanie wysuwne					0265 74	0265 74	0265 74
Zamek do blokowania wyłącznika w pozycji wysuniętej: Ręczne	Ronis				0265 76	0265 76	0265 76
Zamek do blokowania wyłącznika w pozycji wysuniętej: Standardowe	Profalux				0263 48	0263 48	0263 48
Zamek do blokowania wyłącznika w pozycji wysuniętej: Obrotowe lub	Ronis				0265 78	0265 78	0265 80
Zamek do blokowania wyłącznika w pozycji wysuniętej: napęd silnikowy	Profalux				0265 77	0265 77	0265 79

Wyposażenie dodatkowe do sterowania i sygnalizacji wyłączników DPX

		DPX 125 DPX-I 125	DPX 160 DPX-I 160	DPX 250 ER DPX-I 250 ER	DPX 250 DPX-I 250	DPX 630 DPX-I 630	DPX 1600 DPX-I 1600
Sterowanie obrotowe bezpośrednie	Standardowe	0262 01	0262 11	0262 11	0262 22	0262 41	0262 61
	Awaryjne	0262 03	0262 13	0262 13	0262 24[1]	0262 24[1]	
	Zamek Eurolocks	0262 25	0262 25	0262 25	0262 25	0262 25	0262 25
Sterowanie obrotowe pośrednie	Standardowe	0262 75	0262 77	0262 77	0262 99	0262 81	0262 83
	Awaryjne	0262 76	0262 78	0262 78	0262 80[1]	0262 82[1]	0262 84
	Zamek Eurolocks	0262 92	0262 92	0262 92	0262 92	0262 92	0262 92
	Zamek Profalux	0262 93	0262 93	0262 93	0262 93	0262 93	0262 93
	Zamek Ronis	0262 94	0262 94	0262 94	0262 94	0262 94	0262 94
Napędy silnikowe	24 V∿/⎓				0261 30	0261 40	na specjalne
	48 V∿/⎓				0261 31	0261 41	zamówienie
	230 V∿				0261 34	0261 44	
	Zamek Profalux				0261 58	0261 58	
	Zamek Ronis				0261 59	0261 59	
Wyzwalacz wzrostowy	24 V∿/⎓	0261 64	0261 64	0261 64	0261 64	0261 64	0261 64
	48 V∿/⎓	0261 65	0261 65	0261 65	0261 65	0261 65	0261 65
	230 V∿/⎓	0261 67	0261 67	0261 67	0261 67	0261 67	0261 67
Wyzwalacz podnapięciowy	24 V⎓	0261 71	0261 81	0261 81	0261 81	0261 81	0261 81
	48 V⎓	0261 72	0261 82	0261 82	0261 82	0261 82	0261 82
	230 V∿	0261 73	0261 83	0261 83	0261 83	0261 83	0261 83
Wyzwalacz podnapięciowy z opóźnieniem	230 V∿	0261 75	0261 75	0261 85	0261 85	0261 85	0261 85
Moduł czasowy	230 V∿	0261 90	0261 90	0261 90	0261 90	0261 90	0261 90
Styk dodatkowy / styk alarmowy		0261 60	0261 60	0261 60	0261 60	0261 60	0261 60
Zestaw do testowania					0261 97	0261 97	0261 97
Sterownik SZR	Standardowy				0261 93	0261 93	0261 93
	Z możliwością komunikacji				0261 94	0261 94	0261 94

(1) Pasuje tylko do sterowania standardowego.

Wyposażenie do montażu i przyłączania DPX

		DPX 125 DPX-I 125	DPX 160 DPX-I 160	DPX 250 ER DPX-I 250 ER	DPX 250 DPX-I 250	DPX 630 DPX-I 630	DPX 1600 DPX-I 1600
Osłony zacisków z możliwością plombowania	3P	0262 05	0262 15	0262 85	0262 26	0262 44	0262 64
	4P	0262 06	0262 16	0262 86	0262 27	0262 45	0262 65
Zestaw 3 przegród separacyjnych		0262 07	0262 07	0262 07	0262 30	0262 30	0262 66
Blokada wyłącznika w pozycji „otwarty" z kłódką		0262 00	0262 00	0262 00	0262 21	0262 40	0262 60
Zaciski klatkowe		[3]	0262 18	0262 88	0262 35	0262 50	0262 69
Zaciski przyłączeniowe tulejkowe			0262 19			0262 51	0262 70
Przyłącze rozdzielcze		0048 67	0048 67[1]	0048 68[1]	0048 68[1]		
Adapter końcówek kablowych			0262 17		0262 32	0262 47	0262 67/68[2]
Przedłużki rozszerzające	3P			0262 90	0262 33	0262 48	0262 73
	4P			0262 91	0262 34	0262 49	0262 74
Przyłącze tylne, trzpienie gwintowane	3P	0263 00	0263 10	0265 10	0263 31	0263 50	
	4P	0263 01	0263 11	0265 11	0263 32	0263 51	
Przyłącze tylne, komplet trzpieni z końcówkami płaskimi	3P				0265 27	0263 52	
	4P				0265 28	0263 53	
Przyłącze tylne, płaskie krótkie	3P						0263 80
	4P						0263 82
Przyłącze tylne płaskie, długie	3P						0263 81
	4P						0263 83

(1) Można montować na wyłączniku wyposażonym w zaciski klatkowe.
(2) Nr ref. 0262 67 do wyłącznika DPX 1250 A (2 szyny zasilające) i nr ref. 0262 68 do wyłącznika DPX 1600 A (3 szyny zasilające).
(3) Dostarczane razem z aparatem.

Rozłączniki izolacyjne Vistop i DPX-IS

Rozłączniki izolacyjne z widoczną przerwą stykową produkcji Legrand wykonują rozłączanie przy zastosowaniu styków samoczyszczących. Rozłączniki są produkowane na prądy znamionowe od 32 do 1600 A.

^ Vistop 63 A.

^ DPX-IS 250.

Rozłączniki izolacyjne Vistop

Sposób montażu	I_n (A)	Rączka czarna				Rączka czerwona / maskownica żółta			
		Sterowanie frontowe		Sterowanie boczne		Sterowanie frontowe		Sterowanie boczne	
		3P	4P	3P	4P	3P	4P	3P	4P
Na wsporniku TH 35 lub za pomocą wkrętów	32	0225 00	0225 02	0225 05	0225 07	0223 00	0223 02	0223 05	0223 07
	63	0225 12	0225 15	0225 16	0225 18	0223 12	0223 15	0223 16	0223 18
	100	0225 20	0225 22	0225 25	0225 27	0223 20	0223 22		0223 27
	125	0225 34	0225 39	0225 44	0225 46	0223 34	0223 39		
	160	0225 51	0225 53	0225 54	0225 56	0223 51	0223 53		

Wyposażenie pomocnicze do rozłączników Vistop

		Montaż na wsporniku TH 35 lub za pomocą wkrętów		
		32 A	63 A	od 100 do 160 A
Osłona wkrętów z możliwością plombowania				0227 98
Przyłącze rozdzielcze 6-odpływowe				0048 67
Wyprowadzenie sterowania na zewnątrz, frontowe		0227 34	0227 32	0227 32
Rozłącznik pomocniczy				0227 22
Styki pomocnicze o nr. ref. 0227 07/08	NO+NZ	0227 03	0227 04	0227 04
	2NO+2NZ	0227 08	0227 07	0227 07
Kłódka do blokowania dzwigni		0227 97	0227 97	0227 97

Rozłączniki izolacyjne DPX-IS

Prąd znamionowy I_n (A)	Możliwość współpracy z wyzwalaczem						Bez możliwości współpracy z wyzwalaczem					
	Sterowanie frontowe		Sterowanie boczne z prawej strony		Sterowanie boczne z lewej strony		Sterowanie frontowe		Sterowanie boczne z prawej strony		Sterowanie boczne z lewej strony	
	3P	4P	3P	4P	3P	4P	3P	4P	3P	4P	3P	4P
63	0266 30	0266 34	0266 40	0266 44	0266 50	0266 54						
100	0266 31	0266 35	0266 41	0266 45	0266 51	0266 55						
160	0266 32	0266 36	0266 42	0266 46	0266 52	0266 56	0266 02	0266 06	0266 12	0266 16	0266 22	0266 26
250	0266 33	0266 37	0266 43	0266 47	0266 53	0266 57	0266 03	0266 07	0266 13	0266 17	0266 23	0266 27
400	0266 72	0266 74	0266 76	0266 78	0266 80	0266 82	0266 60	0266 62	0266 64	0266 66	0266 68	0266 70
630	0266 73	0266 75	0266 77	0266 79	0266 81	0266 83	0266 61	0266 63	0266 65	0266 67	0266 69	0266 71
800	0265 91	0265 95										
1000	0265 92	0265 96										
1250	0265 93	0265 97										
1600	0265 94	0265 98										

Rozłączniki izolacyjne Vistop w obudowie – IP65, IK07

Prąd znamionowy I_n (A)	Ilość biegunów	Wyposażone w styk pomocniczy, dźwignia czerwona, plombowanie w pozycji „wyłączony"
32	3	0226 05
	4	0226 07
63	3	0226 15
	3	0226 17
100	3	0226 25
	4	0226 27
125	3	0226 33
	4	0226 34
160	3	0226 35
	4	0226 37

Wyposażenie pomocnicze do rozłączników izolacyjnych DPX-IS

		DPX-IS 250	DPX-IS 630	DPX-IS 1600
Sterowanie obrotowe bezpośrednie, kolorystyka ostrzegawcza	Frontowe i boczne z prawej strony	0266 89	0266 89	
	Boczne z lewej strony	0266 90	0266 90	
Zestaw akcesoriów do wyprowadzenia sterowania na drzwi rozdzielnicy	Do sterowania standardowego	0266 86	0266 86	
	Do sterowania awaryjnego	0266 87	0266 87	
Wyprowadzenie sterowania na zewnątrz rozdzielnicy	Standardowe			0265 89
	Awaryjne			0265 90
Akcesoria do blokowania rozłączników	Zamek Eurolocks			0262 92
	Zamek Profalux			0262 93
	Zamek Ronis	0266 92	0266 97	0262 94
Zaciski przyłączeniowe tulejkowe		0262 88	0262 50	0262 69
Zaciski przyłączeniowe tulejkowe do dużych przekrojów			0262 51	0262 70
Przedłużki do przyłączania szyn zasilających	2 szyny zasilające na biegun			0262 67
	3 szyny zasilające na biegun			0262 68
Przedłużki rozszerzające	3P	0262 90	0262 48	0262 73
	4P	0262 91	0262 49	0262 74
Przyłącze tylne, końcówki trzpieni z nakrętkami	3P	0265 10	0263 50	
	4P	0265 11	0263 51	
Przyłącze tylne komplet trzpieni z końcówkami płaskimi	3P		0263 52	
	4P		0263 53	
Przyłącze tylne, płaskie, krótkie	3P			0263 80
	4P			0263 82
Przyłącze tylne, płaskie, długie	3P			0263 81
	4P			0263 83
Osłony przyłączy z możliwością plombowania	3P			0262 64
	4P	0262 87	0262 45	0262 65
Przegrody separacyjne				0262 66
Wyzwalacze napięciowe (wzrostowe)	24 V∿/⎓	0261 64	0261 64	0261 64
	48 V∿/⎓	0261 65	0261 65	0261 65
	230 V∿/⎓	0261 67	0261 67	0261 67
Wyzwalacze podnapięciowe	24 V∿	0261 71	0261 71	0261 81
	48 V⎓	0261 72	0261 72	0261 82
	230 V∿	0261 73	0261 73	0261 83
Wyzwalacze podnapięciowe z opóźnieniem	230 V∿	0261 75	0261 75	0261 75
Moduł czasowy	230 V∿	0261 90	0261 90	0261 90

Rozłączniki, wyłączniki nadprądowe i wyłączniki różnicowoprądowe modułowe

Niezawodność, wspólne wyposażenie dodatkowe, nowoczesna budowa z możliwością opisu chronionego obwodu to cechy charakteryzujące aparaty modułowe produkowane przez Legrand. Aparatami zabezpieczającymi w tej grupie są wyłączniki nadprądowe i różnicowoprądowe. W grupie tej znajdują się także rozłączniki izolacyjne.

^ Rozłącznik FR 304 100 A.

^ Rozłącznik FRX 302 100 A i wyzwalacz podnapięciowy.

Rozłączniki izolacyjne FR 300 i FRX 300

Prąd znamionowy I_n (A)	FRX 300 Możliwość przyłączania wyposażenia			FR 300 Brak możliwości przyłączania wyposażenia					
	2P	3P	4P	1P	2P	3P	4P	1P z sygn.	2P z sygn.
16				0043 08	0043 21				
20				0043 09	0043 22	0043 42	0043 62	0043 03	0043 23
32				0043 12	0043 25	0043 45	0043 65		
40	0023 56	0023 66	0023 76	0043 07	0043 27	0043 47	0043 67		
63	0023 57	0023 67	0023 77	0043 10	0043 30	0043 50	0043 70		
100	0023 58	0023 68	0023 78	0043 14	0043 34	0043 54	0043 74		
125	0023 59	0023 69	0023 79		0043 38	0043 58	0043 78		

^ Wyłącznik S 301 B 16.

^ Wyłącznik S 303 B 40.

^ Wyłącznik S 304 B 32.

Wyłączniki nadprądowe S 300 6000 – charakterystyka B

Prąd znamionowy I_n (A)	1P Zaciski tulejkowe	2P Zaciski tulejkowe	3P Zaciski tulejkowe	4P Zaciski tulejkowe
6	6055 06	6055 26	6055 46	6055 66
8	6055 07	6055 27	6055 47	
10	6055 08	6055 28	6055 48	6055 68
13	6055 09	6055 29	6055 49	
16	6055 10	6055 30	6055 50	6055 70
20	6055 11	6055 31	6055 51	6055 71
25	6055 12	6055 32	6055 52	6055 72
32	6055 13	6055 33	6055 53	6055 73
40	6055 14	6055 34	6055 54	6055 74
50	6055 15	6055 35	6055 55	6055 75
63	6055 16	6055 36	6055 56	6055 76

^ Wyłącznik S 311 C 16.

^ Wyłącznik S 302 C 16.

^ Wyłącznik S 304 C 32.

Wyłączniki nadprądowe S 300 6000 – charakterystyka C

Prąd znamionowy I_n (A)	1P Zaciski tulejkowe	2P Zaciski tulejkowe	3P Zaciski tulejkowe	4P Zaciski tulejkowe
0,3	6056 00	6056 20	6056 40	6056 60
0,5	6056 01	6056 21	6056 41	6056 61
1	6056 02	6056 22	6056 42	6056 62
2	6056 03	6056 23	6056 43	6056 63
3	6056 04	6056 24	6056 44	6056 64
4	6056 05	6056 25	6056 45	6056 65
6	6056 06	6056 26	6056 46	6056 66
8	6056 07	6056 27	6056 47	6056 67
10	6056 08	6056 28	6056 48	6056 68
13	6056 09	6056 29	6056 49	6056 69
16	6056 10	6056 30	6056 50	6056 70
20	6056 11	6056 31	6056 51	6056 71
25	6056 12	6056 32	6056 52	6056 72
32	6056 13	6056 33	6056 53	6056 73
40	6056 14	6056 34	6056 54	6056 74
50	6056 15	6056 35	6056 55	6056 75
63	6056 16	6056 36	6056 56	6056 76

Wyłączniki nadprądowe S 300 6000 – charakterystyka D

Prąd znamionowy I_n (A)	1P Zaciski tulejkowe	2P Zaciski tulejkowe	3P Zaciski tulejkowe	4P Zaciski tulejkowe
0,5	6057 01			
1	6057 02	6057 22		
2	6057 03	6057 23	6057 43	
3	6057 04	6057 24	6057 44	
4	6057 05	6057 25	6057 45	
6	6057 06	6057 26	6057 46	6057 66
8	6057 07	6057 27		
10	6057 08	6057 28	6057 48	6057 68
13	6057 09	6057 29	6057 49	6057 69
16	6057 10	6057 30	6057 50	6057 70
20	6057 11	6057 31	6057 51	6057 71
25	6057 12	6057 32	6057 52	6057 72
32	6057 13	6057 33	6057 53	6057 73
40	6057 14		6057 54	
50	6057 15		6057 55	
63	6057 16		6057 56	

Rozłączniki, wyłączniki nadprądowe i wyłączniki różnicowoprądowe modułowe (ciąg dalszy)

^ Wyłącznik S 312 C 16.

^ Wyłącznik S 313 C 125.

Wyłączniki nadprądowe S 310 10 000 – charakterystyka B				
Prąd znamionowy I_n (A)	1P Zaciski tulejkowe	2P Zaciski tulejkowe	3P Zaciski tulejkowe	4P Zaciski tulejkowe
6	0066 95	0067 56	0067 76	0067 36
10	0066 97	0067 58	0067 78	0067 38
13	0066 98			
16	0067 00	0067 60	0067 80	0067 40
20	0067 01	0067 61	0067 81	0067 41
25	0067 02	0067 62	0067 82	0067 42
32	0067 03	0067 63	0067 83	0067 43
40	0067 04	0067 64	0067 84	0067 44
50	0067 05	0067 65	0067 85	0067 45
63	0067 06	0067 66	0067 86	0067 46

Wyłączniki nadprądowe S 310 10 000 – charakterystyka C				
Prąd znamionowy I_n (A)	1P Zaciski tulejkowe	2P Zaciski tulejkowe	3P Zaciski tulejkowe	4P Zaciski tulejkowe
0,5	0068 50	0069 10		
1	0068 52	0069 12		
2	0068 53	0069 13		
3	0068 54	0069 14		
6	0068 56	0069 16	0069 36	0069 96
10	0068 58	0069 18	0069 38	0069 98
13	0068 59			
16	0068 60	0069 20	0069 40	0070 00
20	0068 61	0069 21	0069 41	0070 01
25	0068 62	0069 22	0069 42	0070 02
32	0068 63	0069 23	0069 43	0070 03
40	0068 64	0069 24	0069 44	0070 04
50	0068 65	0069 25	0069 45	0070 05
63	0068 66	0069 26	0069 46	0070 06
80	0063 83	0064 75	0064 95	0060 70
100	0063 84	0064 76	0064 96	0060 71
125	0063 85	0064 77	0064 97	0060 72

Wyłączniki nadprądowe S 310 10 000 – charakterystyka D

Prąd znamionowy I_n (A)	1P Zaciski tulejkowe	2P Zaciski tulejkowe	3P Zaciski tulejkowe
2	0065 76		
3	0065 77		
6	0065 79	0066 29	0066 49
10	0065 81	0066 31	0066 51
16	0065 83	0066 33	0066 53
20	0065 84	0066 34	0066 54
25	0065 85	0066 35	0066 55
32	0065 86		0066 56

^ Styk pomocniczy PS 350.

^ Zdalne sterowanie.

^ Wyzwalacz podnapięciowy.

Wyposażenie dodatkowe do wyłączników S 300, S 310, P 302, P 304, P 312, P 314, P 344, FRX 300

Nazwa	S 300	S 310	P 302	P 304	P 312	P 314	P 344	FRX 300
Styki pomocnicze	0073 50	0073 50	0073 50	0073 50	0073 50	0073 50	0073 50	0073 50
	0073 51	0073 51	0073 51	0073 51	0073 51	0073 51	0073 51	0073 51
	0073 53	0073 53	0073 53	0073 53	0073 53	0073 53	0073 53	0073 53
	0073 54	0073 54	0073 54	0073 54	0073 54	0073 54	0073 54	0073 54
Wyzwalacze napięciowe (wzrostowe)	0073 61	0073 61	0073 61	0073 61	0073 61	0073 61	0073 61	0073 61
Wyzwalacze podnapięciowe	0073 68	0073 68	0073 68	0073 68	0073 68	0073 68	0073 68	0073 68
Zdalne sterowanie	0073 73	0073 73[1]	0073 73	0073 73	0073 73	0073 73	0073 73	
Blokada dźwigni załączającej	0044 42	0044 42	0044 42	0044 42	0044 42	0044 42	0044 42	0044 42
Kłódka	0044 43	0044 43	0044 43	0044 43	0044 43	0044 43	0044 43	0044 43
Osłona wkrętu	0044 44	0044 44	0044 44	0044 44	0044 44	0044 44	0044 44	0044 44
Wstawka separacyjna	0044 47	0044 47[1]				0044 47		
Osłony przyłączy (dla S 310 od 80 do 125 A)		0044 39						

(1) Dla aparatów o I_n do 63 A.

Rozłączniki, wyłączniki nadprądowe i wyłączniki różnicowoprądowe modułowe (ciąg dalszy)

^ Wyłącznik P 302 40-30-AC.

^ Wyłącznik P 304 40-30-A.

Wyłączniki różnicowoprądowe P 300							
Prąd różnicowy znamionowy (mA)	Prąd znamionowy I_n (A)	Typ AC		Typ A		Typ Hpi	
		-25		-25		-25 Hpi (kV)	
		2P	4P	2P	4P	2P	4P
		Zaciski tulejkowe	Zaciski tulejkowe	Zaciski tulejkowe	Zaciski tulejkowe	Zaciski tulejkowe	Zaciski tulejkowe
10	16	0089 06		0090 53			
30	25	0089 09	0089 93	0090 56	0091 40	0088 22	6021 08
	40	0089 10	0089 94	0090 57	0091 41	0088 23	6021 09
	63	0089 11	0089 95	0090 58	0091 42	0088 24	6021 10
	80	0089 12	0089 96		0091 43		
100	25	0089 15	0089 99	0090 62	0091 46		
	40	0089 16	0090 00	0090 63	0091 47		
	63		0090 01		0091 48		
	80		0090 02		0091 49		
300	25	0089 27	0090 11	0090 74	0091 58		
	40	0089 28	0090 12	0090 75	0091 59		
	63	0089 29	0090 13	0090 76	0091 60		
	80		0090 14		0091 61		
500	25		0090 23				
	40		0090 24				
	63		0090 25				
	80		0090 26				
300 selektywne S	25				0091 64		
	40				0091 65		
	63	0089 35		0090 82	0091 66		
	80				0091 67		
500 selektywne S	40				0091 77		
	63				0091 78		
	80				0091 79		

Uwaga: Wyposażenie dodatkowe podano na stronie 535.

^ Wyłącznik P 312 B 16-30-AC.

^ Wyłącznik P 344 C 16-30-AC.

^ Blok różnicowoprądowy do wyłączników S 310 (prądy znamionowe ≥80 A).

Wyłączniki różnicowonadprądowe P 300

Prąd różnicowy znamionowy (mA)	Prąd znamionowy I_n (A)	Typ AC		Typ A	
		-25 ~		-25 ⊓	
		2P	4P	2P	4P
		Zaciski tulejkowe	Zaciski tulejkowe	Zaciski tulejkowe	Zaciski tulejkowe
10	B16	0083 95		0084 99	
	C16	0084 53		0085 75	
30	B6	0083 99		0085 03	
	B10	0084 00		0085 04	
	B13	0084 01		0085 05	
	B16	0084 02		0085 06	
	B20	0084 03		0085 07	
	B25	0084 04		0085 08	
	B32	0084 05		0085 09	
	B40	0084 06		0085 10	
	C2	0084 54			
	C3	0084 55			
	C4	0084 56			
	C6	0084 57		0085 79	
	C10	0084 58	0079 62	0085 85	
	C13	0084 59			
	C16	0084 60	0079 64	0085 87	
	C20	0084 61	0079 65	0085 88	
	C25	0084 62	0079 66	0085 89	
	C32	0084 63	0079 67	0085 90	
	C40	0084 64	0080 13		
	C50		0080 14		
	C63		0080 15	0085 92	
300	C10	0084 69		0085 93	
	C16	0084 71	0079 77		
	C20		0079 78		
	C25		0079 79		
	C32		0079 80		
	C40		0080 31		
	C50		0080 32		
	C63		0080 33		

Uwaga: Wyposażenie dodatkowe podano na stronie 535.

Bloki różnicowoprądowe typ AC ~ 4-biegunowe(1)

Prąd różnicowy znamionowy (mA)	Nr referencyjny	Szerokość w modułach	Prąd znamionowy (A)
30	0074 57	6	125
300	0074 63	6	125
300 selektywne S	0074 66	6	125

(1) Do współpracy z wyłącznikami S 310 o I_n ≥ 80 A.

Rozłączniki, wyłączniki nadprądowe i wyłączniki różnicowoprądowe modułowe (ciąg dalszy)

^ Rozłącznik izolacyjny z bezpiecznikami R 300 z rozłączalnym biegunem neutralnym

^ Rozłącznik izolacyjny bez wkładek topikowych R 300 max.

^ Lampka sygnalizacyjna z dwoma niezależnymi obwodami.

Rozłączniki izolacyjne z bezpiecznikami R 300, bez wkładek topikowych

Prąd znamionowy I_n (A)	1P	2P	3P	3P+N nierozłącz.	1P+N rozłącz.	3P+N rozłącz.
maks. 16	6066 14		6067 24			
maks. 63[1]	6066 19	606679	6067 25	6067 19	6066 49	6067 39

(1) Dla prądów znamionowych od 20 do 63 A.

Rozłączniki izolacyjne z bezpiecznikami R 300, wyposażone we wkładki topikowe D01 i D02

Prąd znamionowy I_n (A)	1P	2P	3P	1P+N nierozłącz	3P+N nierozłącz	1P+N rozłącz	3P+N rozłącz
2	6066 00		6067 00				
4	6066 01		6067 01				
6	6066 02		6067 02				
10	6066 03		6067 03				
16	6066 04		6067 04				
20	6066 05	6066 65	6067 05	6066 25	6067 45	6066 35	6067 55
25	6066 06	6066 66	6067 06	6066 26	6067 46	6066 36	6067 56
35	6066 07	6066 67	6067 07	6066 27	6067 47	6066 37	6067 57
50	6066 08	6066 68	6067 08	6066 28	6067 48	6066 38	6067 58
63	6066 09	6066 69	6067 09	6066 29	6067 49	6066 39	6067 59

Wyposażenie dodatkowe do rozłączników izolacyjnych z bezpiecznikami R 300

Szyny łączeniowe 63 A	1P	0049 86
	3P	0049 87
Atrapy wkładek topikowych	D01	6066 98
	D02	6066 99

Lampki sygnalizacyjne modułowe

	Kolor klosza	Nr referencyjny
Wymienny element świecący	czerwony	0044 84
	zielony	0044 83
	niebieski	0044 86
	pomarańczowy	0044 85
	bezbarwny	0044 87
	zielony + czerwony	0044 88
Niewymienny element świecący	czerwony	6040 78
	zielony	6040 77
	pomarańczowy	6040 79
Lampka przeznaczona do instalacji 3-fazowych	naturalny (bezbarwny)	0031 43

^ Podstawa do bezpieczników topikowych 16 A.

^ Każda podstawa bezpiecznika jest tak zaprojektowana, aby łatwo można było wymienić wskaźnik (nr ref. 0057 90), który pozwala na natychmiastowe rozpoznanie przepalonej wkładki.

Podstawy bezpiecznikowe do wkładek cylindrycznych

Ilość biegunów	I_{max} (A)	Wymiar wkładki (mm)	Nr referencyjny
1P	20	8,5 x 31,5	0058 06
	32	10 x 38	0058 08
	10	8,5 x 23	0058 10
	16	10,3 x 25,8	0058 11
	20	8,5 x 31,5	0058 12
	25	10,3 x 31,5	0058 13
	32	10,3 x 38	0058 14
	10	5 x 20	0058 00
1P+N	16	8,5 x 31,5	0058 16
	20	10 x 38	0058 18
	10	8,5 x 23	0058 20
	16	10,3 x 25,8	0058 21
	20	8,5 x 31,5	0058 22
	25	10,3 x 31,5	0058 23
	32	10,3 x 38	0058 24
	10	5 x 20	0058 02
2P	20	8,5 x 31,5	0058 26
	32	10 x 38	0058 28
3P	20	8,5 x 31,5	0058 36
	32	10 x 38	0058 38
3P+N	20	8,5 x 31,5	0058 46
	32	10 x 38	0058 48

Rozłączniki, wyłączniki nadprądowe i wyłączniki różnicowoprądowe modułowe (ciąg dalszy)

^ Podstawa bezpiecznikowa SP 1P.

^ Styk pomocniczy do podstaw bezpiecznikowych SP.

Podstawy bezpiecznikowe do wkładek topikowych cylindrycznych - elementy sprzęgające

Przeznaczenie	Nr referencyjny
Dla 2 podstaw 1-biegunowych	0057 92
Dla 3 podstaw 1-biegunowych	0057 93
Dla 4 podstaw 1-biegunowych	0057 94

Podstawy bezpiecznikowe do wkładek topikowych cylindrycznych - akcesoria

Przeznaczenie	Nr referencyjny
Sygnalizacja przepalenia wkładki	0057 90
Uchwyt do zapasowej wkładki	0057 91
Styk pomocniczy	0057 96
Kłódka blokady dźwigni	0044 43
Osłona wkrętu	0044 44

Podstawy bezpiecznikowe SP

	1P	2P	3P	3P+N (wyposażone w element zwierający)
Podstawy bezpieczn. SP 51 na wkładki topikowe o wymiarach 14 x 51	0215 01	0215 03	0215 04	0215 05
Podstawy bezpieczn. SP 58 na wkładki topikowe o wymiarach 22 x 58	0216 01		0216 04 0216 36(1)	0216 05

(1) Z mikrołącznikiem.

Akcesoria do podstaw bezpiecznikowych SP

Akcesoria	Nr referencyjny
Styk pomocniczy	0216 92
Dodatkowy mikrołącznik	0216 95
Element sprzęgający do podstaw 1-biegunowych	0216 96

< Wkładka topikowa gG
wymiary: 8,5 x 31,5
I_n = 4 A
nr ref. 012304

Wkładki bezpiecznikowe topikowe cylindryczne gG (gL)

Wymiary (mm x mm)	8,5 x 31,5		10 x 38		8,5 x 23		10,3 x 25,8		10,3 x 31,5		10,3 x 38	
Napięcie znamionowe (V)	400		500		250		250		400		400	
Zdolność zwarciowa (A)	20 000		100 000		6000		6000		20 000		20 000	
Prąd znamionowy (A)	Bez sygn.	Z sygn.	Bez sygn.	Z sygn.	Bez sygn.	Z sygn.	Bez sygn.	Z sygn.	Bez sygn.	Z sygn.	Bez sygn.	Z sygn.
0,5	0123 94		0133 94									
1	0123 01		0133 01									
2	0123 02	0124 02	0133 02	0134 02	0113 02	0114 02						
4	0123 04	0124 04	0133 04	0134 04	0113 04	0114 04						
6	0123 06	0124 06	0133 06	0134 06	0113 06	0114 06	0116 06	0117 06				
8	0123 08	0124 08	0133 08	0134 08								
10	0123 10	0124 10	0133 10	0134 10	0113 10	0114 10	0116 10	0117 10				
12	0123 12		0133 12	0134 12								
16	0123 16	0124 16	0133 16	0134 16			0116 16	0117 16	0126 16	0127 16		
20			0133 20	0134 20					0126 20	0127 20		
25			0133 25	0134 25					0126 25	0127 25		
32											0133 32	0134 32
Wkładki zwierające	0123 00		0133 00									

Wkładki bezpiecznikowe topikowe cylindryczne aM

Wymiary (mm x mm)	8,5 x 31,5	10 x 38
Napięcie znamionowe (V)	400	500
Zdolność zwarciowa (A)	20 000	100 000
Prąd znamionowy I_n (A)	Bez sygn.	Z sygn.
0,25		0130 92
0,5		0130 95
1,0	0120 01	0130 01
2,0	0120 02	0130 02
4,0	0120 04	0130 04
6,0	0120 06	0130 06
8,0	0120 08	0130 08
10,0	0120 10	0130 10
12,0		0130 12
16,0		0130 16
20,0		0130 20
25,0		0130 25

^ Wkładka topikowa aM
wymiary:
8,5 x 31,5
I_n = 4 A
nr ref. 012004

Wkładki bezpiecznikowe topikowe miniaturowe F

Wymiary (mm x mm)	5 x 20
Napięcie znamionowe (V)	250
Zdolność zwarciowa (A)	1500
Prąd znamionowy I_n (A)	
0,2	0102 02
0,5	0102 05
0,63	0102 06
1	0102 10
1,25	0102 12
1,6	0102 16
2	0102 20
2,5	0102 25
3,15	0102 30
5	0102 50
6,3	0102 63
10	0102 96[1]

(1) Zdolność zwarciowa 500 A, wkładka nieopisana w normach.

^ Wkładka topikowa F
wymiary: 5 x 20
I_n = 6,3 A
nr ref. 010263

Bloki rozdzielcze, wsporniki szyn zasilających i system XL-Part

Szeroka gama listew zaciskowych, bloków rozdzielczych modułowych, bloków rozdzielczych rzędowych, wsporników szyn zasilających i system rozdziału energii XL-Part umożliwiają wykonanie profesjonalnego rozdziału energii do 4000 A.

^ System XL-Part 250.

^ System XL-Part 1600.

^ Gotowe elementy rozdziału: bloki rozdzielcze oraz modułowe bloki listew rozdzielczych.

Szyny łączeniowe do aparatów modułowych

		1-biegunowe, faza lub N	2-biegunowe	2-biegunowe z zasilaniem 3P+N	3-biegunowe	4-biegunowe
Szyny z możliwością docinania	18 mod.					
	13 mod.	0049 26	0049 38[1]	0049 40[1]	0049 42[1]	0049 44[1]
	6 mod.					
	1 metrowe	0049 37	0049 39	0049 41	0049 43	0049 45
Osłonka końcówek szyn		0049 89	0049 90	0049 91	0049 90	0049 91
Osłonka ochronna		0049 88	0049 88	0049 88	0049 88	0049 88

(1) Wyposażone w osłonki końcówek szyn.

Przyłącza uniwersalne

Grzebieniowe	Sztyftowe	
od 4 do 25 m²	od 4 do 25 m²	od 6 do 35 m²
0049 04	0049 05	0049 06

Uwaga: Przekroje przewodów podane w tabelach dotyczą przewodów sztywnych (drutów).
W przypadku stosowania linek należy wziąć pod uwagę mniejsze przekroje.
Minimalne przekroje przewodów przyłączeniowych są podane w katalogu.

^ Modułowy blok listew rozdzielczych.

^ Listwa przyłączeniowa IP2X.

Listwy przyłączeniowe od 63 do 100 A – 10 kA

Ilość zacisków 6-25 mm²	Ilość zacisków 1,5-16 mm²	Listwy nieizolowane		Listwy przyłączeniowe izolowane IP2X (XXB)				
		Montaż śrubowy	Montaż na wsporniku	Czarna	Niebieska	Zielona	Listwa przyłączeniowa	3P+N
0	1							
	2							
	4	0048 01	0048 20	0048 50	0048 40	0048 30	0048 12	
	8	0048 03	0048 22	0048 52	0048 42	0048 32		
1	12		0048 24	0048 54	0048 44	0048 34		
	14	0048 05						
	16		0048 25	0048 55	0048 45	0048 35		
	19	0048 06						
	21		0048 26	0048 56	0048 46	0048 36		
	24/27	0048 07				0048 37		0048 14
	33		0048 28					
2	33			0048 58	0048 48	0048 38		

Wsporniki listew przyłączeniowych

Izolacyjny wspornik listew przyłączeniowych	Maks. liczba zacisków 28	0048 18
	Maks. liczba zacisków 35	0048 17
Uniwersalna podstawa do montażu listew przyłączeniowych na wspornikach ⊔ lub ⊏		0048 11
Zestaw dwóch uchwytów umożliwiający stworzenie bloku od 2 do 4 listew IP2X		0048 10
Wspornik listew przyłączeniowych nieizolowanych 12 x 2 i listew IP2X	1 m	0048 19
	0,318 m	0016 40

Modułowe bloki listew rozdzielczych

I_{max} (A)	Ilość biegunów	Nr referencyjny	Ilość zacisków na biegun (mm²)		Listwy przyłączeniowe IP2X		
			Zasilanie	Odpływy	Ochronna (zielona)	Neutralna (niebieska)	Dodatkowe odpływy
40	2P	0048 81	2 x 16	5 x 6	0048 32		8 x 16
	4P	0048 85	2 x 16	11 x 4		0048 42	
100	2P	0048 80	2 x 25	5 x 6	0048 34		12 x 16
	4P	0048 84	2 x 25	5 x 6		0048 44	
125	2P	0048 82	2 x 35	2 x 25 + 11 x 6	0048 35		16 x 16
	4P	0048 86	2 x 35	2 x 25 + 7 x 6		0048 44	12 x 16
	4P	0048 88	2 x 35	2 x 35 + 11 x 6		0048 45	16 x 16
160	4P	0048 79	1 x 70	2x35 + 4x25 + 8x6		0048 45	

Bloki rozdzielcze, wsporniki szyn zasilających i system XL-Part

(ciąg dalszy)

Modułowe bloki rozdzielcze i przyłącza rozdzielcze do 250 A				
	I_{max} dopuszczalne (A)	Ilość i przekroje przewodów na biegun (w mm²) Zasilanie	Odpływy	1-biegunowe
Blok rozdzielczy modułowy	125	2 x 50	2 x 50 + 12 x 6	0048 71
	160	1 x 70	7 x 6 + 2 x 35 + 3 x 25	0048 83
	250	1 x 150	6 x 35 + 4 x 16	0048 73
Przyłącze rozdzielcze	160	Zacisk dolny aparatu: Vistop od 100 do 160 A i DPX 125/160	6 x 25	0048 67
	250	DPX 250, DPX-IS 250	4 x 35 + 2 x 25	0048 68

^ Blok rozdzielczy 250 A.

Bloki rozdzielcze od 125 do 400 A – 60 kÂ					
I_{max} dopuszczalny (A)	Nr referencyjny	Ilość zacisków na biegun Zasilanie (mm²)	Odpływy (mm²)	I_{pk} szczytowe (kÂ)	Sposób przyłączania (mm²)
			Płaskie		
125	0374 47	1 x 35	10 x 16 dla bieg. fazowych 17 x 16 dla bieg. fazowych	25	Bezpośrednio do zasilania, końcówki kablowe na odpływach
160 250	0374 00	1 x 95 1 x 150	12 x 35	60	Końcówki kablowe lub bezpośrednio przez zacisk nr ref. 0374 03
			Piętrowe		
125	0373 95	4 szyny 12 x 4 mm² wyposażone w 5 zacisków 2 x 10 mm²		20	Końcówki kablowe
125	0374 30	1 x 35	5 x 25	35	Końcówki kablowe
160	0374 31	1 x 70	5 x 35	35	Końcówki kablowe
250	0374 35	1 x 120	5 x 50	35	Końcówki kablowe
400	0373 08	2 otwory Ø 8,5 do przyłączania szyn	21 otworów M6 do mocowania końcówek kablowych	42	Końcówki kablowe lub bezpośrednio przez zacisk nr ref. 0374 05

^ Blok rozdzielczy przelotowy 540 A.

Bloki rozdzielcze przelotowe 1-biegunowe Al/Cu 300 A i 540 A – 60 kÂ

I_{max} dopuszczalne (A)	Nr referencyjny	Ilość i przekrój przewodów na biegun (mm²)		
		Zasilanie Al	Zasilanie Cu	Odpływ Cu
300	0374 80	1 x 120	1 x 95	1 x 70
540	0374 81	1 x 300	1 x 150	1 x 150

Wsporniki szyn zasilających i szyny miedziane

			I_{max} dopuszczalne (A)										
			125	160	250		400	800	1000	1250	2000	1600	4000
Wsporniki uniwersalne	**1P**		0373 98		0374 37								
	4P		0373 96	0374 32		0374 36	0373 10						
Wsporniki XL³	**4P**						0373 15	0373 20	0373 21	0373 73 0373 74[1]	0373 75 0373 76[1]	0373 22 0373 23[2]	0373 24 0373 25[2]
Wsporniki Altis	**4P**							0374 14	0373 21			0374 53	0374 54
Szyny			**Maksymalna ilość szyn na biegun**										
Szyny płaskie sztywne	**12 x 2**		1										
	12 x 4	0373 89	1	1									
	15 x 4	0374 33			1								
	18 x 4	0374 34		1	1		1	1					
	25 x 4	0374 38			1	1							
	25 x 5	0374 18					1	1					
	32 x 5	0374 19					1	1					
	50 x 5	0374 40						1	1			2	4
	63 x 5	0374 41							1			2	4
	75 x 5	0374 59							1			2	4
	80 x 5	0374 43							1			2	4
	100 x 5	0374 46										2	4
	125 x 5	-											4
	50 x 10	-											3
	60 x 10	-											3
	80 x 10	-											3
	100 x 10	-											3
	125 x 10	-											3
Szyny o profilu C	**155 mm²**	0374 60							1	1	2[3]		
	265 mm²	0374 61							1	1	2[3]		
	440 mm²	0374 62							1	1	2[3]		
	640 mm²	0098 82								1			

(1) Wspornik progowy.
(2) Wspornik pośredni.
(3) Tylko jedna szyna na biegun neutralny.

Listwy zaciskowe do szyn miedzianych

I_{max} dopuszczalne (A)	Nr referencyjny	Ilość i wielkość zacisków
200	0374 03	1 x 6 + 2 x 16 mm²
400	0374 05	4 x 6 + 3 x 6 mm²

Bloki rozdzielcze, wsporniki szyn zasilających i system XL-Part

(ciąg dalszy)

Blok rozdzielczy rzędowy XL-Part 100 A i 125 A

Bloki rozdzielcze			Moduły zasilający	Przyłączenie przewodowe
Typ	3P	4P	3P+N	3 x 1P+N
XL-Part 100	0049 73	0045 44		
XL-Part 125		0045 03	0045 05	0045 25

Blok rozdzielczy rzędowy XL-Part 250 A i 400 A

Bloki rozdzielcze				Akcesoria	
Rodzaj	Obudowa	Zasilanie		Zestaw izolacyjny	Przyłączenie do XL-Part
		Pośrednie	Bezpośrednie		
XL-Part 250	XL3 400	0373 36	0373 46	0098 79	
	XL3 800/4000	0373 37	0373 47	0098 79	
XL-Part 400	XL3 4000	0373 27	0098 79	0373 19	0098 89

Podstawy pod DPX XL-Part 250/400

Rodzaj wyłącznika DPX	Podstawy	
	Pod aparat	Pod blok różnicowoprądowy
DPX 125	0098 57	0098 58
DPX 160	0098 59	0098 60
DPX 250 ER	0098 65	0098 66
DPX-IS 250	0098 77	

Podstawy pod aparaty modułowe XL-Part 250/400

	1P				1P+N			3P	4P
	N	L1	L2	L3	L1 - N	L2 - N	L3 - N		
1 moduł na biegun	0098 00	0098 01	0098 02	0098 03				0098 04	0098 05
≤40 A	0098 42	0098 43	0098 44	0098 45	0098 08	0098 09	0098 10	0098 46	0098 47

Podstawy uniwersalne pod aparaty modułowe	Bez zasilania
1-modułowe	0098 40

„Aktywne plecy" XL-Part 400

Ściana szybkiego montażu ≤400 A		Wspornik do szyn o profilu C	Wspornik progowy	Szyny o profilu C 150 mm²	Zestaw ochronny izolacyjny	Zacisk łączenia na szynach o profilu C
1500/1600 mm	1900 mm					
0201 88	0201 89	0373 31	0373 32	0373 30	0373 33	0373 79

Zestaw do przyłączania aparatów DPX do XL-Part

Rodzaj aparatu	Zestaw przyłączeniowy	Ochrona IPXXB
DPX 250	0373 34	0373 70
DPX 250 + blok różnicowoprądowy	0373 35	0373 71
DPX 630	0373 38	

Wspornik XL-Part 800 i 1600

	Wspornik XL-Part	Szyny o profilu C					Zestaw ochronny śruby + podkładki			Zaciski do szyn C
		155 mm²	265 mm²	440 mm²	640 mm²	710 mm²	Izolacja	M8	M12	
XL-Part 800	0373 40		0374 61				0098 20	0374 64	0374 65	0373 29
XL-Part 1600	0373 28	0374 60	0374 61	0374 62	0098 82	0098 83				

Wspornik XL-Part 800 i 1600 podstawy pod DPX

Rodzaj aparatu	XL-Part 800	XL-Part 1600						Osłony zacisków			
	Podstawy do wykonania stacjonarnego	Podstawy do wykonania stacjonarnego		Podstawy do wykonania gniazdowego		Mechanizm wysuwany		Wykonanie stacjonarne		Wykonanie gniazdowe/wysuwne	
	4-bieg.	3-bieg.	4-bieg.	3-bieg.	4-bieg.	3-bieg.	4-bieg.	3-bieg.	4-bieg.	3-bieg.	4-bieg.
DPX 125	0373 41 + 0373 43										
DPX 125 + blok różn. prąd.	0373 42 + 0373 43										
DPX 250 ER	0373 41								0262 86		
DPX 250 ER + blok różn.prąd.	0373 42										
DPX 250		0098 67	0098 69	0098 25	0098 27	0265 45	0265 46	0098 11	0098 13	0098 16	0098 23
DPX 250 + blok różn.prąd.		0098 68	0098 70	0098 26	0098 28		0265 47				
DPX 630	0373 44	0098 71	0098 73	0098 29	0098 31	0265 66	0265 67	0098 12	0098 14	0098 17	0098 24
DPX 630 + blok różn.prąd.	0373 45	0098 72	0098 74	0098 30	0098 32		0265 68				

Rozdzielnice XL³ 160

XL³ 160 to kompletna gama rozdzielnic gotowych do montażu, z przeznaczeniem do użycia w nich aparatów modułowych, która została zaprojektowana w taki sposób, aby ułatwić prefabrykację i wykonywanie przyłączeń w rozdzielnicach 2-6-rzędowych do 160 A.

^ Rozdzielnica metalowa XL³ 160.

^ Rozdzielnica izolacyjna XL³ 160.

^ Rozdzielnica wnękowa XL³ 160.

Rozdzielnice XL³ 160								
Wys. użyteczna (mm)		**400**	**550**	**700**	**850**		**1000**	
Ilość modułów w rzędzie		2	3	4	5	3	6	4
Specjalnie wydzielone miejsce		nie	nie	nie	nie	DPX 160	nie	DPX 160
Obudowy	**Izolacyjne**					0200 95		0200 96
	Metalowe	0200 02	0200 03	0200 04	0200 05		0200 06	
	Wnękowe		0200 63	0200 64	0200 65		0200 66	
Drzwi profilowane	**Pełne**		0202 53	0202 54	0202 55	0202 55	0202 56	0202 56
	Przezrocz.		0202 63	0202 64	0202 65	0202 65	0202 66	0202 66
Dzrzwi płaskie	**Pełne**	0202 72	0202 73	0202 74	0202 75	0202 75	0202 76	0202 76
	Przezrocz.		0202 83	0202 84	0202 85	0202 85	0202 86	0202 86

Wyposażenie dodatkowe do rozdzielnic XL³ 160

		Izolacyjne	Metalowe	Wnękowe
Akcesoria do mocowania	Uchwyty do mocowania na ścianie	0201 50	0201 00	
	Akcesoria do mocowania do ścian kartonowo-gipsowych			0200 10
Przyłączanie przewodów ochronnych	Uchwyty do wspornika płaskiego 12 x 2 do listew przyłączeniowych	0200 50		
	Wspornik płaski 12 x 2 do listew przyłączeniowych IP2X (1 m)	0048 19	0048 19	0048 19
	Dodatkowa mosiężna listwa zaciskowa	0373 00	0373 00	0373 00
	Przewody do połączeń ekwipotencjalnych 6 mm²		0373 85	
Akcesoria do wejść kablowych	Płyta wejść kablowych z możliwością docięcia		0200 20	
	Płyta wejść kablowych z osłabieniami	0200 71	0200 21	
	Wspornik do mocowania przewodów		0200 35	
Akcesoria do prowadzenia okablowania	Obejma kablowa pionowa	0200 94	0200 94	0200 94
	Obejma kablowa pozioma	0200 93	0200 93	0200 93
	Wspornik do kanałów grzebieniowych Lina 25	0200 70	0200 70	0200 70
	Daszek do łączenia rozdzielnic z kanałem DLP	0201 60	0201 60	
Wyposażenie rozdzielnicy	Wspornik TH 35	0200 00	0200 00	0200 00
	Podstawa dystansująca	0262 99	0262 99	0262 99
Osłony	Osłona izolacyjna do DPX 160 – wys. 300 mm	0203 60	0203 60	
	Osłona pełna izolacyjna – wys. 100 mm	0203 91	0203 91	
	Komplet zaślepek 24-modułowych do docinania	0200 51	0200 51	0200 51
	Komplet zaślepek 24-modułowych do odłamywania co 1/2 modułu	0016 65	0016 65	0016 65
	Samoprzylepny uchwyt do opisu rozdzielnicy	0203 99	0203 99	0203 99
Akcesoria do drzwi	Wkładka zamka z kluczem nr 405	0202 91	0202 91	0202 91
	Wkładka zamka z kluczem nr 455	0202 92	0202 92	0202 92
	Wkładka zamka z kluczem nr 1242E	0202 93	0202 93	0202 93
	Wkładka zamka z kluczem nr 2433A	0202 94	0202 94	0202 94
	Uszczelka do uzyskania IP43	0201 30	0201 30	0201 30
	Elastyczna kieszeń na dokumenty A4	0097 99	0097 99	0097 99
	Zamykana, sztywna kieszeń na dokumenty	0365 82	0365 82	0365 82

Rozdzielnice XL³ 400 z wyposażeniem

Bez względu na materiał, z którego jest wykonana obudowa (metalowa, izolacyjna lub o stopniu ochrony IP55), gama rozdzielnic XL³ 400 daje optymalne rozwiązania w zakresie rozdzielnic do 400 A.

^ Rozdzielnica XL³ 400 metalowa z cokołem.

^ Rozdzielnica XL³ 400 izolacyjna.

^ Rozdzielnica XL³ 400 metalowa.

Rozdzielnice XL³ 400

		Rozdzielnice						Rozdzielnice metalowe z cokołem	
Wys. użyteczna (mm)		600	750	900	1050	1200	1500	1600	1900
Wysokość maskowania (mm)		550	700	850	1000	1150	1450	1450	1750
Obudowy	Metalowe	0201 03	0201 04	0201 05	0201 06	0201 07	0201 08	0201 18	0201 19
	Izolacyjne	0201 53	0201 54	0201 55	0201 56	0201 57			
Drzwi profilowane	Pełne	0202 53	0202 54	0202 55	0202 56	0202 57	0202 58	0202 58	0202 59
	Przezrocz.	0202 63	0202 64	0202 65	0202 66	0202 67	0202 68	0202 68	0202 69
Drzwi płaskie	Pełne	0202 73	0202 74	0202 75	0202 76	0202 77	0202 78	0202 78	0202 79
	Przezrocz.	0202 83	0202 84	0202 85	0202 86	0202 87	0202 88	0202 88	0202 89
Przedziały kablowe	Metalowe	0201 23	0201 24	0201 25	0201 26	0201 27	0201 28	0201 38	0201 39
	Izolacyjne	0201 73	0201 74	0201 75	0201 76	0201 77			
Drzwi do przedziałów kablowych		0201 63	0201 64	0201 65	0201 66	0201 67	0201 68	0201 68	0201 69

^ Podstawa montażowa uniwersalna perforowana.

^ Daszek do łączenia rozdzielnicy z kanałem DLP.

Wyposażenie dodatkowe do rozdzielnic XL³ 400

		Metalowe	Izolacyjne	IP55
Akcesoria	Uchwyty do mocowania	0201 00	0201 50	
	Listwy do wzmacniania łączeń rozdzielnic		0201 51	
	Cokoły do rozdzielnic H = 100 mm	0201 10	0201 10	
	Cokoły do przedziałów kablowych H = 100 mm	0201 12	0201 12	
	Uszczelka do zachowania IP43	0201 30	0201 30	
	Podstawa montażowa uniwersalna o wys. 200 mm	0202 41	0202 41	0202 41
	Podstawa montażowa uniwersalna o wys. 300 mm	0202 42	0202 42	0202 42
	Podstawa montażowa do przedziałów kablowych o wys. 300 mm	0202 43	0202 43	
	Wspornik TH 35 uniwersalny, długość 515 mm	0202 04	0202 04	0202 04
	Przegroda pozioma	0201 90	0201 90	0201 90
	Płyta wejść kablowych z możliwością docinania	0201 20		
	Płyta wejść kablowych z osłabieniami	0201 21	0201 71	
	Płyta wejść kablowych Cabstop			0364 99
	Wsporniki izolacyjne	0200 90	0200 90	0200 90
	Klipsy gwintowane (20 szt.)	0200 92	0200 92	0200 92
	Wkręty M6 (50 szt.)	0200 91	0200 91	0200 91
	Farba w aerozolu, kolor RAL 7035	0200 98	0200 98	0200 98
Akcesoria do drzwi	Wkładka zamka z kluczem nr 405	0202 91		
	Wkładka zamka z kluczem nr 455	0202 92		
	Wkładka zamka z kluczem nr 1242E	0202 93		
	Wkładka zamka z kluczem nr 2433A	0202 94		
	Zamek typu „double barre”	0202 96		
	Przewód do połączeń ekwipotencjalnych	0373 85		
	Kieszeń plastikowa elastyczna na dokumenty	0097 99		
	Kieszeń plastikowa sztywna na dokumenty	0365 82		
Osłony	Komplet zaślepek 24-modułowych do docinania	0200 51		
	Komplet zaślepek 24-modułowych do odłamywania o ½ modułu	0016 65		
	Samoprzylepna etykietka do opisów	0203 99		
Akcesoria do prowadzenia okablowania	Wspornik do zamocowania kanałów grzebieniowych Lina 25	0201 70		
	Obejma kablowa pozioma	0200 94		
	Obejma kablowa pionowa	0201 93		
	Zestaw do mocowania przewodów w rozdzielnicach	0201 35		
	Zestaw do mocowania przewodów w kanałach kablowych	0201 37		
	Daszek do łączenia rozdzielnic z kanałem DLP	0201 60		

Rozdzielnice XL³ 400 z wyposażeniem (ciąg dalszy)

Osłony pełne do rozdzielnic XL³ 400				
Wysokość (mm)	Do rozdzielnic		Do przedziałów kablowych	
	Metalowe	Izolacyjne	Metalowe	Izolacyjne
50	0203 40	0203 90	0201 41	
100	0203 41	0203 91	0201 42	
150	0203 42	0203 92		
200	0203 43	0203 93	0201 40	
300	0203 44	0203 94		0201 97
400				0201 98
550			0201 43	0201 99
700			0201 44	
850			0201 45	
1000			0201 46	
1150			0201 47	
1450			0201 48	
1750			0201 49	

Wyposażenie do rozdzielnic XL³ 400								
Aparat	**Miejsce montażu**	**Pozycja pracy**	**Konfiguracja**	**Elementy montażowe**	**Płyta montażowa**	**Osłony**		
Montaż na wsporniku TH 35 ⊔								
						Wysokość (mm)	Metalowe	Izolacyjne
Aparaty modułowe o $I_n \leq 63$ A	Rozdzielnica			0202 00 0202 01		150	0203 00	0203 50
	Przedział kablowy			0202 03		150	0203 03	0203 53
Aparaty modułowe o $I_n > 63$ A	Rozdzielnica			0202 00 0202 01		200	0203 01	0203 51
	Przedział kablowy			0202 03		200	0203 04	
Vistop od 63 A do 160 A	Rozdzielnica			0202 00 0202 01		200	0203 01	0203 51
DPX 125	Rozdzielnica	pionowa	z aparatami modułowymi	0202 00	0262 08	200	0203 01	0203 51
DPX 160	Rozdzielnica	pionowa	z aparatami modułowymi	0202 00	0262 09	300	0203 10	0203 60
DPX 250 ER	Rozdzielnica	pionowa	z aparatami modułowymi	0202 00	0262 09	300	0203 10	0203 60
DPX-IS 250	Rozdzielnica	pionowa	z aparatami modułowymi	0202 00	0262 39	300	0203 10	0203 60

Wyposażenie do rozdzielnic XL³ 400 (ciąg dalszy)

Aparat	Obudowa	Pozycja pracy	Konfiguracja	Płyta montażowa	Osłony		
Montaż na podstawie montażowej							
					Wys.	Metal.	Izolac.
DPX 125	Rozdzielnica	pionowa	bez bloku różnicowoprądowego	0202 10	300	0203 10	0203 60
			z blokiem różnicowoprądowym dolnym	0202 12	400	0203 12(1)	0203 62(1)
		pozioma	z blokiem różnicowoprądowym dolnym	0202 14	200	0203 14	0203 64(1)
	Przedział kablowy	pionowa	bez bloku różnicowoprądowego	0202 18	300	0203 18	
			z blokiem różnicowoprądowym dolnym	0202 19	400	0203 19	
DPX 160	Rozdzielnica	pionowa	bez bloku różnicowoprądowego	0202 10	300	0203 10	0203 60
			z blokiem różnicowoprądowym dolnym	0202 12	400	0203 12(1)	0203 62(1)
		pozioma	z blokiem różnicowoprądowym dolnym	0202 14	200	0203 15	0203 64(1)
	Przedział kablowy	pionowa	bez bloku różnicowoprądowego	0202 18	300	0203 18	
			z blokiem różnicowoprądowym dolnym	0202 19	400	0203 19	
DPX 250 ER	Rozdzielnica	pionowa	bez bloku różnicowoprądowego	0202 10	300	0203 10	0203 60
			z blokiem różnicowoprądowym dolnym	0202 12	400	0203 12(1)	0203 62(1)
		pozioma	z blokiem różnicowoprądowym dolnym lub bez	0202 16	200	0203 16	0203 64(1)
	Przedział kablowy	pionowa	bez bloku różnicowoprądowego	0202 18	300	0203 18	
			z blokiem różnicowoprądowym dolnym	0202 19	400	0203 19	
DPX-IS 250	Rozdzielnica	pionowa		0202 05	300	0203 10	0203 60
DPX 250	Rozdzielnica	pionowa	bez bloku różnicowoprądowego	0202 20	400	0203 20	0203 70
			w pozycji centralnej bez bloku różnicowoprądowego	0202 21	400	0203 21	0203 71
			z blokiem różnicowoprądowym bocznym	0202 22	400	0203 22	020372
DPX 250 ER	Rozdzielnica	pionowa	bez bloku różnicowoprądowego	0202 10	300	0203 10	0203 60
			z blokiem różnicowoprądowym dolnym	0202 12	400	0203 12(1)	0203 62(1)
		pozioma	z blokiem różnicowoprądowym dolnym lub bez	0202 16	200	0203 16	0203 64(1)
	Przedział kablowy	pionowa	bez bloku różnicowoprądowego	0202 18	300	0203 18	
			z blokiem różnicowoprądowym dolnym	0202 19	400	0203 19	
DPX-IS 250	Rozdzielnica	pionowa		0202 05	300	0203 10	0203 60
DPX 250	Rozdzielnica	pionowa	bez bloku różnicowoprądowego	0202 20	400	0203 20	0203 70
			w pozycji centralnej bez bloku różnicowoprądowego	0202 21	400	0203 21	0203 71
			bez bloku różnicowoprądowego dolnego	0202 22	400	0203 22	0203 72
			w pozycji centralnej bez bloku różnicowoprądowego dolnego	0202 23	600	0203 23	0203 73
		pozioma	z blokiem różnicowoprądowym dolnym lub bez	0202 24	200	0203 24	0203 74
	Przedział kablowy	pionowa	bez bloku różnicowoprądowego	0202 28	400	0203 28	
			z blokiem różnicowoprądowym dolnym	0202 29	600	0203 29	
DPX 630	Rozdzielnica	pionowa	bez bloku różnicowoprądowego	0202 20	400	0203 20	0203 70
			centralna bez bloku różnicowoprądowego	0202 21	600	0203 21	0203 71
			z blokiem różnicowoprądowym dolny	0202 22	600	0203 22	0203 72
			centralna z blokiem różnicowoprądowym dolnym	0202 23	300	0203 23	0203 73
	Przedział kablowy	pionowa	bez bloku różnicowoprądowego	0202 28	400	0203 28	
			z blokiem różnicowoprądowym dolnym	0202 29	600	0203 29	
DPX-IS 630	Rozdzielnica	pionowa		0202 07	400	0203 07	

(1) Z adapterem zamawianym oddzielnie, patrz referencje poniżej:
0203 67: ramka do DPX 125 z blokiem różnicowoprądowym,
0203 68: ramka do DPX 160 z blokiem różnicowoprądowym,
0203 69: ramka do DPX 250 ER z blokiem różnicowoprądowym.

Rozdzielnice XL³ 800 z wyposażeniem

Gama rozdzielnic XL³ 800 oferuje wiele możliwości w różnorodnym zakresie. Przy użyciu tych obudów można wykonać rozdzielnicę główną nN lub rozdzielnicę obwodową, można stosować standardowe bloki rozdzielcze lub optymalny rozdział energii XL-Part na tylnej ścianie rozdzielnicy. Znajdują się w niej obudowy o stopniu ochrony IP30, IP43 i IP55.

^ Rozdzielnica XL³ 800 IP55, nr ref. 0204 51.

^ Rozdzielnica XL³ 800 IP55, nr ref. 0204 54.

^ Rozdzielnica metalowa XL³ 800, do składania, nr ref. 0204 14.

Rozdzielnice XL³ 800

Szerokość całkowita (mm) – wersja metalowa/IP55		660/700		910/950		660/700		910/950	
Wysokość całkowita (mm) – wersja metalowa/IP55		1050/1095	1250/1295	1050/1095	1250/1295	1550/1595	1950/1995	1550/1595	1950/1995
Wysokość osłon (mm)		1000	1200	1000	1200	1400	1800	1400	1800
Rodzaj obudowy	Metalowa	0204 01	0204 02	0204 06	0204 07	0204 03	0204 04	0204 08	0204 09
	IP55	0204 51	0204 52	0204 56	0204 57	0204 53	0204 54	0204 58	0204 59
Drzwi profilowane	Pełne	0212 51	0212 52	0212 56	0212 57	0212 53	0212 54	0212 58	0212 59
	Przezroczyste	0212 61	0212 62	0212 66	0212 67	0212 63	0212 64	0212 68	0212 69
Drzwi płaskie	Pełne	0212 71	0212 72	0212 76	0212 77	0212 73	0212 74	0212 78	0212 79
	Przezroczyste	0212 81	0212 82	0212 86	0212 87	0212 83	0212 84	0212 88	0212 89
Przedział kablowy wewnętrzny	Metalowy			0204 26	0204 27			0204 28	0204 29
	IP55			0204 76	0204 77			0204 78	0204 79
Osłona przedziału kablowego wewnętrznego				0204 46	0204 46			0204 48	0204 49
Przedział kablowy zewnętrzny	Metalowy					0204 23	0204 24	0204 23	0204 24
	IP55					0204 73	0204 74	0204 73	0204 74
Drzwi do przedziału kablowego zewnętrznego	Metalowe					0204 33	0204 34	0204 33	0204 34
	IP55					0204 83	0204 84	0204 83	0204 84
Osłona przedziału kablowego wewnętrznego						0204 43	0204 44	0204 43	0204 44

Rozdzielnice XL³ 800 do składania

Wysokość całkowita (mm)		1550	1950		
Wysokość osłon (mm)		600 + 800	600 + 1200	800 + 1000	3 x 600
Zestaw: płyta tylna, profile montażowe, daszek, podstawa i cokół		0204 13	0204 14	0204 14	0204 14
Zestaw 2 wsporników do płyt bocznych		0204 19	0204 19	0204 19	2 x 204 19
Ścianki boczne	600 mm	0204 15	0204 15		3 x 204 15
	800 mm	0204 16		0204 16	
	1000 mm			0204 17	
	1200 mm		0204 18		
Drzwi profilowane pełne	600 mm	0212 49	0212 49		0212 49
	800 mm	0212 50		0212 50	
	1000 mm			0212 51	
	1200 mm		0212 52		
Drzwi profilowane przezroczyste	600 mm	0212 39	0212 39		0212 39
	800 mm	0212 60		0212 60	
	1000 mm			0212 61	
	1200 mm		0212 62		

Akcesoria do rozdzielnic XL³ 800

		Rozdzielnice IP30-43			Rozdzielnice IP55		
		24-modułowa	36-modułowa	przedział kablowy	24-modułowa	36-modułowa	przedział kablowy
Uchwyty do mocowania na ścianie (dostarczane z obudową)		0201 00	0201 00	0201 00	dostarczane z obudową		
Cokół		0204 10	0204 11	0204 12	0204 60	0204 61	0204 62
Zestaw do zachowania IP43		0201 30	0201 30	0201 30			
Zestaw do łączenia obudów					0204 86	0204 86	0204 86
Uszczelka do zachowania IP w przypadku łączenia obudów					0204 85	0204 85	0204 85
Płyta przepustów kablowych		0204 20	0204 20	0204 20			
Wspornik TH 35		0206 04	0206 54		0206 04	0206 54	
Wspornik uniwersalny z możliwością regulacji		0206 02	0206 52		0206 02	0206 52	
Wsporniki uniwersalne pod szynę lub listwę zaciskową w przedziale kablowym			0201 96	0201 95		0201 96	0201 95
Podstawa montażowa perforowana	H = 200 mm	0206 41			0206 41		
	H = 400 mm	0206 42			0206 42		
Podstawa montażowa pełna	H = 200 mm	0206 43			0206 43		
	H = 400 mm	0206 44	0206 46		0206 44	0206 46	
	H = 600 mm	0206 45			0206 45		
Przegroda do wykonania przedziałów poziomych		0204 90	0204 91		0204 90	0204 91	
Przegroda do szaf składanych			0204 94				
Zestaw uchwytów do transportu rozdzielnic (2 szt. w komplecie)					0204 82	0204 82	0204 82
Wspornik do mocowania przewodów		0204 35	0204 36	0204 37	0204 35	0204 36	0204 37
Nity izolacyjne do bezpośredniego montażu na profilach pionowych		0205 70	0204 70		0205 70	0204 70	
Nity izolacyjne do mocowania koryt grzebieniowych bezpośrednio do obudowy				0200 80			
Zestaw oświetleniowy				0209 89			
Klipsy gwintowane (20 szt.)				0200 92			
Farba w aerozolu RAL 7035				0200 98			

Rozdzielnice XL³ 800 z wyposażeniem (ciąg dalszy)

Elementy do montażu aparatury i osłony do rozdzielnic XL³ 800

			Rozdzielnice XL³ 800 24-modułowe					Rozdzielnice XL³ 800 36-modułowe			
Rodzaj aparatu	Pozycja pracy aparatu	Konfiguracja	Wspornik TH 35	Płyta montażowa	Osłona metalowa wys. w mm	Osłona metalowa zamyk. na ¼ obrotu	Osłona metalowa zam. na wkręty	Wspornik TH 35	Płyta montażowa	Osłona metalowa wys. w mm	Osłona metalowa zam. na wkręty
Montaż na wsporniku TH 35											
Aparaty modułowe ≤63 A	pionowa		0206 00		150	0208 00	0209 00	0206 50		150	0209 50
Aparaty modułowe >63 A	pionowa		0206 00		200	0208 01	0209 01	0206 50		200	0209 51
Vistop	pionowa		0206 00		200	0208 01	0209 01	0206 50		200	0209 51
DPX 125	pionowa	z aparat. mod.	0206 00	0262 08	200	0208 01	0209 01	0206 50	0262 08	200	0209 51
DPX 160	pionowa	z aparat. mod.	0206 00	0262 09	300	0208 10	0209 10	0206 50	0262 09	300	0209 60
DPX 250 ER	pionowa	z aparat. mod.	0206 00	0262 09	300	0208 10	0209 10	0206 50	0262 09	300	0209 60
DPX-IS 250	pionowa	z aparat. mod.	0206 00	0262 39	300	0208 10	0209 10	0206 50	0262 39	300	0209 60
Montaż na podstawie montażowej											
DPX 125 (możliwość zamontowania obok, na tej samej podstawie DPX 160 i DPX 250 ER)	pionowa	bez bloku r.-p.		0206 10	300	0208 10	0209 10		0206 60	300	0209 60
		z bl. r.-p. dolnym		0206 12	400	0208 12[1]	0209 12[1]		0206 62	400	0209 62[1]
	pozioma	z blokiem r.-p.		0206 14	200	0208 14	0209 14				
DPX 160 (możliwość zamontowania obok, na tej samej podstawie DPX 125 i DPX 250 ER)	pionowa	bez bloku r.-p.		0206 10	300	0208 10	0209 10		0206 60	300	0209 60
		z bl. r.-p. dolnym		0206 12	400	0208 12[1]	0209 12[1]		0206 62	400	0209 62[1]
		SZR		0206 64	300	0208 10	0209 10				
	pozioma	z bl. r.-p. lub bez		0206 14	200	0208 15	0209 15		0206 60	300	0209 60
DPX 250 ER (możliwość zamontowania obok, na tej samej podstawie DPX 125 i DPX 160 ER)	pionowa	bez bl. r.-p.		0206 10	300	0208 10	0209 10		0206 60	300	0209 60
		z bl. r.-p. dolnym		0206 12	400	0208 12[1]	0209 12[1]		0206 62	400	0209 62[1]
		SZR		0206 66	300	0208 10	0209 10				
	pozioma	z bl. r.-p. lub bez		0206 16	200	0208 16	0209 16				
DPX-IS 250	pionowa	1 ap. mont. centr.		0206 05	300	0208 06	0209 06		0206 55	300	0209 60
		1 lub 2 aparaty		0206 05	300	0208 06	0209 06		0206 55	300	0209 60
DPX 250 (możliwość zamontow. obok, na tej samej podst. DPX 630)	pionowa	bez bl. r.-p.		0206 20	400	0208 20	0209 20		0206 70	400	0209 70
		z bl. r.-p. dolnym		0206 22	600	0208 22	0209 22		0206 72	600	0209 72
	pozioma	z bl. r.-p. lub bez		0206 16	200	0208 16	0209 16				
DPX 630 (możliwość zamontow. obok, na tej samej podst. DPX 250)	pionowa	bez bl. r.-p.		0206 20	400	0208 20	0209 20		0206 70	400	0209 70
		z bl. r.-p. dolnym		0206 22	600	0208 22	0209 22		0206 72	600	0209 72
	pozioma	z bl. r.-p. lub bez		0206 25	300	0208 25	0209 25				
DPX-IS 630	pionowa	1 aparat		0206 07	300	0208 07	0209 07		0206 57	400	0209 57
W przedziale kablowym											
DPX 630	pionowa	z bl. r.-p. lub bez		0206 37	1550		0209 48[2]				
					1950		0209 49[2]				

(1) Z adapterem zamawianym oddzielnie, patrz referencje poniżej:
0203 67: ramka do DPX 125 z blokiem różnicowoprądowym,
0203 68: ramka do DPX 160 z blokiem różnicowoprądowym,
0203 69: ramka do DPX 250 ER z blokiem różnicowoprądowym.
(2) Zestaw do przedziału kablowego zewnętrznego.

^ Osłona metalowa pełna, wys. 400 mm, do XL³ 800.

Wyposażenie dodatkowe do osłon	
Komplet zaślepek do docinania, 24 moduły	0200 51
Komplet zaślepek do odłamywania co ½ modułu, 24 moduły	0016 65
Samoprzylepny uchwyt etykietki	0203 99
Osłona wentylacyjna do rozdzielnic 24-modułowych, wys. 200 mm	0209 49
Osłona wentylacyjna do rozdzielnic 36-modułowych, wys. 200 mm	0209 99
Komplet zawiasów (2 szt.)	0209 59

Wyposażenie dodatkowe do drzwi	
Wkładka zamka z kluczem nr 405	0202 91
Wkładka zamka z kluczem nr 455	0202 92
Wkładka zamka z kluczem nr 1242E	0202 93
Wkładka zamka z kluczem nr 2433A	0202 94
Zamek typu „double barre”	0202 96

Osłony pełne do rozdzielnic XL³ 800

Wysokość (mm)	Do rozdzielnic 24-modułowych zamykane na ¼ obr.	Do rozdzielnic 24-modułowych zamykane na wkręty	Do rozdzielnic 36-modułowych zamykane na wkręty	Do przedziałów kablowych wewnętrznych, zamykane na wkręty	Do przedziałów kablowych zewnętrznych, zamykane na wkręty
50	0208 40	0209 40	0209 90		
100	0208 41	0209 41	0209 91		
150	0208 42	0209 42	0209 92		
200	0208 43	0209 43	0209 93		
300	0208 44	0209 44	0209 94		
400	0208 45	0209 45	0209 95		
600	0208 46	0209 46	0209 96		
1050				0204 46	
1250				0204 47	
1400				0204 48	0204 43
1800				0204 49	0204 44

Rozdzielnice XL³ 4000 z wyposażeniem

Rozdzielnice XL³ 4000 zostały zaprojektowane w 3 szerokościach i 3 głębokościach, co pozwala na łatwe wykonanie dowolnej konfiguracji zestawu rozdzielnic do 4000 A.

^ Rozdzielnica metalowa XL³ 4000.

^ Drzwi odwracalne płaskie XL³ 4000.

Rozdzielnice XL³ 4000

		Rozdzielnice						Przedziały kablowe		
Szerokość (mm)		**725**			**925**			**475**		
Głębokość (mm)		**475**	**725**	**975**	**475**	**725**	**975**	**475**	**725**	**975**
Zestaw daszek-podstawa		0205 04	0205 05	0205 06	0205 07	0205 08	0205 09	0205 01	0205 02	0205 03
Profile konstrukcyjne		0205 00	0205 00	0205 00	0205 00	0205 00	0205 00	0205 00	0205 00	0205 00
Cokoły		0205 14	0205 15	0205 18	0205 17	0205 18	0205 19	0205 11	0205 14	0205 17
Płyty tylne		0205 42	0205 42	0205 42	0205 43	0205 43	0205 43	0205 41	0205 41	0205 41
Płyty boczne		0205 41	0205 42	0205 43	0205 41	0205 42	0205 43	0205 41	0205 42	0205 43
Profile pionowe + rama pod osłony, mocowana na stałe	**Bez przedziału kablowego wewn.**	0205 24	0205 24	0205 24	0205 24	0205 24	0205 24			
	Z przedziałem kablowym wewn.				0205 27	0205 27	0205 27			
Profile pionowe + rama pod osłony uchylna	**Bez przedziału kablowego wewn.**	0205 25	0205 25	0205 25	0205 26	0205 26	0205 26			
	Z przedziałem kablowym wewn.				0205 28	0205 28	0205 28			
Wsporniki poprzeczne do przedziału kablowego						0205 21	0205 22	0205 23		
Wsporniki poprzeczne do konstrukcji wspornikowej		0205 31	0205 32		0205 31	0205 32				
Drzwi do przedziałów kablowych					0205 47	0205 47	0205 47	0205 48	0205 48	0205 48
Drzwi profilowane	**Pełne**	0205 54	0205 54	0205 54	0205 57	0205 57	0205 57			
	Przezroczyste	0205 64	0205 64	0205 64	0205 67	0205 67	0205 67			
Drzwi płaskie	**Pełne**	0205 74	0205 74	0205 74	0205 77	0205 77	0205 77	0205 71	0205 71	0205 71
	Przezroczyste	0205 84	0205 84	0205 84	0205 77	0205 87	0205 87			
Listwa wykończeniowa IP30		0205 62	0205 62	0205 62	0205 63	0205 63	0205 63	0205 61	0205 61	0205 61

^ Podstawa montażowa uniwersalna, TH 35 z możliwością regulacji.

Wyposażenie i akcesoria do rozdzielnic XL³ 4000

		24 moduły	36 modułów
Płyta montażowa perforowana	wys. 200 mm	0206 41	
	wys. 400 mm	0206 42	
Płyta montażowa pełna	wys. 200 mm	0206 43	
	wys. 400 mm	0206 44	0206 46
	wys. 600 mm	0206 45	
Płyta montażowa pełna z możliwością regulacji	wys. 100 mm	0206 40	
	wys. 200 mm	0206 47	0206 49
	wys. 400 mm	0206 48	
Płyta montażowa pełna dostarczana z prowadnicami	wys. 1800 mm	0205 40	
Wspornik aluminiowy profilowany regulowany TH 35		0206 00	0206 50
Wspornik TH 35 uniwersalny		0206 04	0206 54
Podstawa montażowa uniwersalna z możliwością regulacji		0206 02	0206 52
Wsporniki poprzeczne z możliwością regulacji pod wsporniki szyn zasilających	szer. 350 mm	0205 51	
	szer. 600 mm	0205 52	
	szer. 850 mm	0205 53	
Klipsy z podkładkami pod śruby M6 (20 szt.)		0200 92	
Śruby M6 (50 szt.)		0200 91	
Farba w aerozolu RAL 7035		0200 98	
Uchwyty do transportowania rozdzielnic (4 szt. w komplecie)		0205 82	
Zestaw wkrętów do łączenia profili konstrukcyjnych rozdzielnic w zestawy		0205 86	
Płyty płaskie do wykonywania wzmocnień konstrukcji (2 szt.)		0205 89	
Płyty w kształcie L do wykonywania wzmocnień konstrukcji (2 szt.)		0205 88	
Kątownik wzmacniający daszek rozdzielnicy do podłączania szynoprzewodów Zucchini		0205 29	
Zestaw uszczelniający, gwarantujący zachowanie IP55 w przypadku łączenia rozdzielnic		0205 85	
Zestaw do łączenia cokołów		0205 10	
Listwa wykończeniowa do rozdzielnic o IP55 łączonych w zestawy		0205 65	
Wkładki dystansujące do profili pionowych (2 szt. w komplecie)		0207 50	
Zestaw 2 wsporników poprzecznych	szer. 350 mm	0205 21	
	szer. 600 mm	0205 22	
	szer. 850 mm	0205 23	
Zestaw dwóch wsporników do mocowania kanałów grzebieniowych Lina 25		0205 70	0204 70
Kanał grzebieniowy Lina 25 (szer. x wys., mm)	40 x 60	0362 07	
	40 x 80	0362 08	
	60 x 60	0362 12	
	60 x 80	0362 13	
Nity izolacyjne do mocowania kanałów grzebieniowych		0200 80	
Osłona perforowana do zapewnienie naturalnej wentylacji (wys. 200 mm)		0209 49	0209 99
Płyta wentylacyjna do cokołu		0205 44	0205 45
Element dystansujący do podnoszenia płyty górnej (daszka)		0205 46	

Wyposażenie dodatkowe do osłon

Komplet zawiasów (2 szt.)	0209 59
Pasek zaślepek do docinania, 24 moduły	0200 51
Pasek zaślepek do odłamywania, 18 modułów	0016 65
Samoprzylepny uchwyt etykietki do opisu	0203 99

Rozdzielnice XL³ 4000 z wyposażeniem (ciąg dalszy)

Dobór wyposażenia do montażu aparatów na wsporniku TH 35

Aparat	Rodzaj wykonania	Pozycja pracy aparatu	Konfiguracja	Sposób przyłączenia	Sterowanie obrotowe, napęd silnikowy
Montaż na wsporniku TH 35					
Aparaty modułowe < 63 A		pionowa			
Aparaty modułowe > 63 A		pionowa			-
Vistop od 63 do 160 A	modułowe	pionowa			-
DPX 125	stacjonarne	pionowa	z aparatami modułowymi	górne lub tylne	-
DPX 160	stacjonarne	pionowa	z aparatami modułowymi	górne lub tylne	-
DPX 250 ER	stacjonarne	pionowa	z aparatami modułowymi	górne lub tylne	-
DPX-IS 250	stacjonarne	pionowa	z aparatami modułowymi	górne lub tylne	-
Montaż na podstawie montażowej					
DPX 125 (możliwość montowania na tej samej podstawie aparatów DPX 160 i DPX 250 ER)	stacjonarne	pionowa	od 1 do 4 aparatów bez bloku różn.prąd.	górne	-
			od 1 do 3 aparatów bez bloku różn.prąd.	górne lub tylne	
			od 1 do 3 aparatów bez bloku różn.prąd.	górne lub tylne	napęd obrotowy
			od 1 do 4 apar. z blokiem różn.prąd. dolnym	górne	-
			od 1 do 3 apar. z blokiem różn.prąd. dolnym	górne lub tylne	
			od 1 do 3 apar. z blokiem różn.prąd. dolnym	górne lub tylne	napęd obrotowy
		pozioma	z blokiem różn.prąd. dolnym lub bez	górne	-
			z blokiem różn.prąd. dolnym lub bez	górne lub tylne	
			z blokiem różn.prąd. dolnym lub bez	górne lub tylne	napęd obrotowy
	gniazdowe	pionowa	od 1 do 3 aparatów bez bloku różn.prąd.	górne lub tylne	
			od 1 do 3 aparatów bez bloku różn.prąd.	górne lub tylne	napęd obrotowy
		pozioma	od 1 do 3 apar. z blokiem różn.prąd. dolnym	górne lub tylne	
			od 1 do 3 apar. z blokiem różn.prąd. dolnym	górne lub tylne	napęd obrotowy
			z blokiem różn.prąd. dolnym lub bez	górne lub tylne	
			z blokiem różn.prąd. dolnym lub bez	górne lub tylne	napęd obrotowy
DPX 160 (możliwość montowania na tej samej podstawie aparatów DPX 125 i DPX 250 ER)	stacjonarne	pionowa	od 1 do 3 aparatów bez bloku różn.prąd.	górne	-
			od 1 do 3 aparatów bez bloku różn.prąd.	górne lub tylne	
			od 1 do 3 aparatów bez bloku różn.prąd.	górne lub tylne	napęd obrotowy
			od 1 do 3 apar. z blokiem różn.prąd. dolnym	górne	-
			od 1 do 3 apar. z blokiem różn.prąd. dolnym	górne lub tylne	
			od 1 do 3 apar. z blokiem różn.prąd. dolnym	górne lub tylne	napęd obrotowy
		pozioma	z blokiem różn.prąd. dolnym lub bez	górne	-
			z blokiem różn.prąd. dolnym lub bez	górne lub tylne	
			z blokiem różn.prąd. dolnym lub bez	górne lub tylne	napęd obrotowy
		pionowa	SZR	górne lub tylne	-
			SZR	górne lub tylne	
	gniazdowe	pionowa	od 1 do 3 aparatów bez bloku różn.prąd.	górne lub tylne	
			od 1 do 3 aparatów bez bloku różn.prąd.	górne lub tylne	napęd obrotowy
			od 1 do 3 apar. z blokiem różn.prąd. dolnym	górne lub tylne	
			od 1 do 3 apar. z blokiem różn.prąd. dolnym	górne lub tylne	napęd obrotowy
		pozioma	z blokiem różn.prąd. dolnym lub bez	górne lub tylne	
			z blokiem różn.prąd. dolnym lub bez	górne lub tylne	napęd obrotowy
		pionowa	SZR	górne lub tylne	

(1) – Nie stosuje się podstawy dystansującej, jeśli montuje się napęd silnikowy.
(2) - Z adapterem zamawianym oddzielnie, patrz referencje poniżej: 0203 67: ramka do DPX 125 z blokiem różnicowoprądowym, 0203 68: ramka do DPX 160 z blokiem różnicowoprądowym, 0203 69: ramka do DPX 250 ER z blokiem różnicowoprądowym.
(3) – Należy wykonać docięcia.

i na podstawie montażowej w rozdzielnicach XL³ 4000

	XL³ 4000 – 24-modułowe							XL³ 4000 – 36-modułowe				
					Osłona metalowa						Osłona metalowa	
	Element dystansowy	Wspornik TH 35	Płyta montażowa	Wysokość (mm)	Zamykanie przezprzy 1/4 obrotu	Zamykanie użyciu wkrętów	Zamykanie na zamek	Wspornik TH 35	Płyta montażowa	Wysokość (mm)	Zamykanie przy użyciu wkrętów	Zamykanie na zamek
		0206 00	-	150	0208 00	0209 00	-	0206 50	-	150	0209 50	-
		0206 00	-	200	0208 01	0209 01	0212 09	0206 50	-	200	0209 51	-
		0206 00	-	200	0208 01	0209 01	0212 09	0206 50	-	200	0209 51	-
		0206 00	0262 08	200	0208 01	0209 01	0212 09	0206 50	0262 08	200	0209 51	-
		0206 00	0262 09	300	0208 10	0209 10	-	0206 50	0262 09	300	209 60	-
		0206 00	0262 09	300	0208 10	0209 10	-	0206 50	0262 09	300	0209 60	-
		0206 00	0262 39	300	0208 10	0209 10	-	0206 50	0262 39	300	0209 60	-
		-	0206 10	300	0208 10	0209 10	-	-	0206 60	300	0209 60	-
	0207 50[1]	0207 10	0207 45	300	0208 10	0209 10	-	0207 60	0207 45	300	0209 60	-
	0207 50	0207 10	0207 45	300	0208 11	-	-	0207 60	0207 45	200	0209 93[3]	-
		-	0206 12	400	0208 12[2]	0209 12[2]	-	-	0206 62	400	0209 62[2]	-
	0207 50[1]	0207 12	0207 46	400	0208 12[2]	0209 12[2]	-	0207 62	0207 46	400	0209 62[2]	-
	0207 50	0207 12	0207 46	400	0208 45[3]	0209 45[3]	-	0207 62	0207 46	400	0209 95[3]	-
		-	0206 14	200	0208 14	0209 14	-	-	-	-	-	-
		-	0207 14	200	0208 14	0209 14	-	-	-	-	-	-
		-	0207 14	200	0208 43[3]	0209 43[3]	-	-	-	-	-	-
	0207 50[1]	0207 11	0207 47	300	-	-	0212 10	-	-	-	-	-
		0207 11	0207 47	200	-	0209 43[3]	0212 47[3]	-	-	-	-	-
	0207 50[1]	0207 13	0207 48	400	-	-	0212 12[2]	-	-	-	-	-
		0207 13	0207 48	400	-	0209 45[3]	-	-	-	-	-	-
		-	0207 17	200	-	-	0212 14	-	-	-	-	-
		-	0207 17	200	-	0209 43[3]	0212 47[3]	-	-	-	-	-
		-	0206 10	300	0208 10	0209 10	-	-	0206 60	300	0209 60	-
	0207 50[1]	0207 10	0207 55	300	0208 10	0209 10	-	0207 60	0207 55	300	0209 60	-
	0207 50	0207 10	0207 55	300	0208 11	-	-	0207 60	0207 55	200	0209 93[3]	-
		-	0206 12	400	0208 12[2]	0209 12[2]	-	-	0206 62	400	0209 62[2]	-
	0207 50[1]	0207 12	0207 56	400	0208 12[2]	0209 12[2]	-	0207 62	0207 56	400	0209 62[2]	-
	0207 50	0207 12	0207 56	400	0208 45[3]	0209 45[3]	-	0207 62	0207 56	400	0209 95[3]	-
		-	0206 14	200	0208 15	0209 15	-	-	-	-	-	-
		-	0207 15	200	0208 15	0209 15	-	-	-	-	-	-
		-	0207 15	200	0208 43[3]	0209 43[3]	-	-	-	-	-	-
		-	0206 64	300	0208 10	0209 10	-	-	-	-	-	-
	0207 50	-	0206 65	300	0208 10	0209 10	-	-	-	-	-	-
	0207 50[1]	0207 11	0207 57	300	-	-	0212 10	-	-	-	-	-
		0207 11	0207 57	200	-	0209 43[3]	0212 47[3]	-	-	-	-	-
	0207 50[1]	0207 13	0207 58	400	-	-	0212 12[2]	-	-	-	-	-
		0207 13	0207 58	400	-	0209 45[3]	-	-	-	-	-	-
		-	0207 18	200	-	-	0212 15	-	-	-	-	-
		-	0207 18	200	-	0209 43[3]	0212 47[3]	-	-	-	-	-
	0207 50[1]	-	0206 65	300	-	0209 10	0212 10	-	-	-	-	-

Rozdzielnice XL³ 4000 z wyposażeniem (ciąg dalszy)

Dobór wyposażenia do montażu aparatów na wsporniku TH 35

Aparat	Rodzaj wykonania	Pozycja pracy aparatu	Konfiguracja	Sposób przyłączenia	Sterowanie obrotowe/ napęd silnikowy
DPX 250 ER (możliwość montowania na tej samej podstawie aparatów DPX 125 i DPX 160)	stacjonarne	pionowa	od 1 do 3 aparatów bez bloku różn. prąd.	górne	-
			od 1 do 3 aparatów bez bloku różn. prąd.	górne lub tylne	-
			od 1 do 3 aparatów bez bloku różn. prąd.	górne lub tylne	sterowanie obrotowe
			od 1 do 3 apar. z blokiem różn. prąd. dolnym	górne	-
			od 1 do 3 apar. z blokiem różn. prąd. dolnym	górne lub tylne	-
			od 1 do 3 apar. z blokiem różn. prąd. dolnym	górne lub tylne	sterowanie obrotowe
		pozioma	z blokiem różn. prąd. dolnym lub bez	górne	-
			z blokiem różn. prąd. dolnym lub bez	górne lub tylne	-
			z blokiem różn. prąd. dolnym lub bez	górne lub tylne	sterowanie obrotowe
		pionowa	SZR	górne lub tylne	-
	gniazdowe	pionowa	od 1 do 3 aparatów bez bloku różn. prąd.	górne lub tylne	-
			od 1 do 3 aparatów bez bloku różn. prąd.	górne lub tylne	sterowanie obrotowe
			od 1 do 3 apar. z blokiem różn. prąd. dolnym	górne lub tylne	-
			od 1 do 3 apar. z blokiem różn. prąd. dolnym	górne lub tylne	sterowanie obrotowe
		pozioma	z blokiem różn. prąd. dolnym lub bez	górne lub tylne	-
			z blokiem różn. prąd. dolnym lub bez	górne lub tylne	sterowanie obrotowe
		pionowa	SZR	górne lub tylne	-
DPX-IS 250	stacjonarne	pionowa	1 aparat zamontowany centralnie	górne	-
			od 1 do 2 aparatów	górne	-
DPX 250	stacjonarne	pionowa	od 1 do 3 aparatów bez bloku różn. prąd.	górne	-
			od 1 do 3 aparatów bez bloku różn. prąd.	górne lub tylne	z lub bez
			od 1 do 3 apar. z blokiem różn. prąd.	górne	-
			od 1 do 3 apar. z blokiem różn. prąd.	górne lub tylne	z lub bez
		pozioma	z blokiem różn. prąd. dolnym lub bez	górne	-
			z blokiem różn. prąd. dolnym lub bez	górne lub tylne	z lub bez
		pionowa	SZR	górne lub tylne	z napędem silnikowym lub bez
	gniazdowe	pionowa	od 1 do 3 aparatów bez bloku różn. prąd.	górne lub tylne	z lub bez
			od 1 do 3 apar. z blokiem różn. prąd.	górne lub tylne	z lub bez
		pozioma	z blokiem różn. prąd. dolnym lub bez	górne lub tylne	z lub bez
	wysuwne	pionowa	bez bloku różnicowoprądowego	górne lub tylne	ze sterowaniem obrotowym lub bez
			bez bloku różnicowoprądowego	górne lub tylne	napęd silnikowy
			z blokiem różnicowoprądowym	górne lub tylne	ze sterowaniem obrotowym lub bez
			z blokiem różnicowoprądowym	górne lub tylne	napęd silnikowy
		pozioma	z blokiem różn. prąd. dolnym lub bez	górne lub tylne	ze sterowaniem obrotowym lub bez
			z blokiem różnicowoprądowym lub bez	górne lub tylne	napęd silnikowy
		pionowa	SZR	górne lub tylne	-
			SZR	górne lub tylne	napęd silnikowy

(1) - Z adapterem zamawianym oddzielnie, patrz referencje poniżej: 0203 67: ramka do DPX 125 z blokiem różnicowoprądowym, 0203 68: ramka do DPX 160 z blokiem różnicowoprądowym, 0203 69: ramka do DPX 250 ER z blokiem różnicowoprądowym.
(2) – należy wykonać docięcia.

i na podstawie montażowej w rozdzielnicach XL³ 4000

	XL³ 4000 – 24-modułowe							XL³ 4000 – 36-modułowe				
	Element dystansowy	Zestaw montażowy	Płyta montażowa	Osłona metalowa				Zestaw montażowy	Płyta montażowa	Osłona metalowa		
				Wysokość (mm)	Zamykanie przez ¼ obrotu	Zamykanie przy użyciu wkrętów	Zamykanie na zamek			Wysokość (mm)	Zamykanie przy użyciu wkrętów	Zamykanie na zamek
	-	-	0206 10	300	0208 10	0209 10	-	-	0206 60	300	0209 60	-
	0207 50	0207 10	0207 65	300	0208 10	0209 10	-	0207 60	0207 65	300	0209 60	-
	0207 50	0207 10	0207 65	300	0208 11	-	-	0207 60	0207 65	300	0209 94[2]	-
		-	0206 12	400	0208 12[1]	0209 12[1]	-	-	0206 62	400	0209 62[1]	-
	0207 50	0207 12	0207 66	400	0208 12[1]	0209 12[1]	-	0207 62	0207 66	400	0209 62[1]	-
	0207 50	0207 12	0207 66	400	0208 45[2]	0209 45[2]	-	0207 62	0207 66	400	0209 95[2]	-
		-	0206 16	200	0208 16	0209 16	-	-	-	-	-	-
		-	0207 16	200	0208 16	0209 16	-	-	-	-	-	-
		-	0207 16	200	0208 43[2]	0209 43[2]	-	-	-	-	-	-
		-	0206 66	300	0208 10	0209 10	-	-	-	-	-	-
	0207 50	0207 11	0207 67	300	-	-	0212 10	-	-	-	-	-
		0207 11	0207 67	300	-	0209 44[2]	0212 48[2]	-	-	-	-	-
	0207 50	0207 13	0207 68	400	-	-	0212 12[1]	-	-	-	-	-
		0207 13	0206 68	400	-	0209 45[2]	-	-	-	-	-	-
		-	0207 19	200	-	-	0212 16	-	-	-	-	-
		-	0207 19	200	-	0209 43[2]	0212 47[2]	-	-	-	-	-
	0207 50	-	0206 67	300	-	0209 10	0212 10	-	-	-	-	-
		-	0206 05	300	0208 10	0209 10	-	-	0206 55	300	0209 60	-
		-	0206 05	300	0208 06	0209 06	-	-	0206 55	300	0209 60	-
		-	0206 20	400	0208 20	0209 20	-	-	0206 70	400	0209 70	-
	0207 50[1]	0207 20	0207 75	400	0208 20	0209 20	-	0207 70	0207 75	400	0209 70	-
		-	0206 22	600	0208 22	0209 22	-	-	0206 72	600	0209 72	-
	0207 50[1]	0207 22	0207 76	600	0208 22	0209 22	-	0207 72	0207 76	600	0209 72	-
		-	0206 24	200	0208 24	0209 24	-	-	-	-	-	-
		-	0207 24	200	-	0209 24	-	-	-	-	-	-
	0207 50[1]	-	0206 74	400	-	0209 74	-	-	-	-	-	-
		0207 21	0207 77	400	-	-	0212 20	-	-	-	-	-
		0207 23	0207 78	600	-	-	0212 22	-	-	-	-	-
		-	0207 27	200	-	-	0212 24	-	-	-	-	-
	0207 50	0207 21	0207 77	400	-	-	0212 21	-	-	-	-	-
	0207 50	0207 21	0207 77	400	-	-	0212 02	-	-	-	-	-
	0207 50	0207 23	0207 78	600	-	-	0212 23	-	-	-	-	-
	0207 50	0207 23	0207 78	600	-	-	0212 03	-	-	-	-	-
		-	0207 26	300	-	-	0212 26	-	-	-	-	-
		-	0207 26	300	-	-	0212 27	-	-	-	-	-
	0207 50	-	0207 74	400	-	-	0212 90	-	-	-	-	-
	0207 50	-	0207 74	400	-	-	0212 91	-	-	-	-	-

Rozdzielnice XL³ 4000 z wyposażeniem (ciąg dalszy)

Dobór wyposażenia do montażu aparatów na wsporniku TH 35

Aparat	Rodzaj wykonania	Pozycja pracy aparatu	Konfiguracja	Sposób przyłączenia	Sterowanie obrotowe/ napęd silnikowy
DPX 630	stacjonarne	pionowa	od 1 do 3 aparatów bez bloku różn. prąd.	górne	-
			od 1 do 3 aparatów bez bloku różn. prąd.	górne lub tylne	z lub bez
			od 1 do 3 aparatów z blokiem różn. prąd.	górne	-
			od 1 do 3 aparatów z blokiem różn. prąd.	górne lub tylne	z lub bez
		pozioma	z blokiem różnicowoprądowym lub bez	górne	-
			z blokiem różnicowoprądowym lub bez	górne lub tylne	z lub bez
		pionowa	SZR	górne lub tylne	z napędem silnikowym lub bez
	gniazdowe	pionowa	od 1 do 2 aparatów bez bloku różn. prąd.	górne lub tylne	z lub bez
			od 1 do 2 aparatów z blokiem różn. prąd.	górne lub tylne	z lub bez
		pozioma	z blokiem różnicowoprądowym lub bez	górne lub tylne	ze sterowaniem obrotowym lub bez
	wysuwne	pionowa	bez bloku różnicowoprądowego	górne lub tylne	ze sterowaniem obrotowym lub bez
			bez bloku różnicowoprądowego	górne lub tylne	napęd silnikowy
			z blokiem różnicowoprądowym	górne lub tylne	ze sterowaniem obrotowym lub bez
			z blokiem różnicowoprądowym	górne lub tylne	napęd silnikowy
		pozioma	z blokiem różnicowoprądowym lub bez	górne lub tylne	ze sterowaniem obrotowym lub bez
			z blokiem różnicowoprądowym lub bez	górne lub tylne	napęd silnikowy
		pionowa	SZR	górne lub tylne	-
			SZR	górne lub tylne	napęd silnikowy
DPX-IS 630	stacjonarne	pionowa	1 aparat	górne	-
DXP X-IS 1600	stacjonarne	pionowa	1 aparat	górne	-
DPX 1600	stacjonarne	pionowa	bez bloku różnicowoprądowego	górne	-
			bez bloku różnicowoprądowego	górne	napęd obrotowy lub silnikowy
			bez bloku różnicowoprądowego	tylne	-
			bez bloku różnicowoprądowego	tylne	napęd obrotowy lub silnikowy
		pozioma	bez bloku różnicowoprądowego	górne	-
			bez bloku różnicowoprądowego	górne	napęd obrotowy lub silnikowy
			bez bloku różnicowoprądowego	górne lub tylne	-
			bez bloku różnicowoprądowego	górne lub tylne	napęd obrotowy lub silnikowy
		pozioma	SZR	górne lub tylne	-
			SZR	górne lub tylne	napęd silnikowy
	wysuwne	pionowa	bez bloku różnicowoprądowego	górne	-
			bez bloku różnicowoprądowego	górne	napęd obrotowy lub silnikowy
		pozioma	bez bloku różnicowoprądowego	tylne	-
			bez bloku różnicowoprądowego	tylne	napęd obrotowy lub silnikowy
			SZR	tylne	-
			SZR	tylne	napęd silnikowy
DMX 2500	stacjonarne	pionowa	bez bloku różnicowoprądowego	-	-
	wysuwne	pionowa	bez bloku różnicowoprądowego	-	-
DMX-L 2500	stacjonarne	pionowa	bez bloku różnicowoprądowego	-	-
	wysuwne	pionowa	bez bloku różnicowoprądowego	-	-
DMX 4000	stacjonarne	pionowa	bez bloku różnicowoprądowego	-	-
	wysuwne	pionowa	bez bloku różnicowoprądowego	-	-
DMX-L 4000	stacjonarne	pionowa	bez bloku różnicowoprądowego	-	-
	wysuwne	pionowa	bez bloku różnicowoprądowego	-	-

(1) Nie stosuje się podstaw dystansujących jeśli montuje się napęd silnikowy.
(2) Należy zastosować 2 podstawy dystansujące w przypadku stosowania podstawy montażowej z możliwością regulacji.

i na podstawie montażowej w rozdzielnicach XL³ 4000

XL³ 4000 – 24-modułowe							XL³ 4000 – 36-modułowe				
Element dystansowy	Zestaw montażowy	Płyta montażowa	Osłona metalowa				Zestaw montażowy	Płyta montażowa	Osłona metalowa		
			Wysokość (mm)	Zamykanie ¼ obrotu	Zamykanie przy użyciu wkrętów	Zamykane na zamek			Wysokość (mm)	Zamykanie przy użyciu wkrętów	Zamykane na zamek
	-	0206 20	400	0208 20	0209 20	-	-	0206 70	400	0209 70	-
0207 50[1]	0207 20	0207 85	400	0208 20	0209 20	-	0207 70	0207 85	400	0209 70	-
	-	0206 22	600	0208 22	0209 22	-	-	0206 72	600	0209 72	-
0207 50[1]	0207 22	0207 86	600	0208 22	0209 22	-	0207 72	0207 86	600	0209 72	-
	-	0206 23	300	0208 23	0209 21	-	-	-	-	-	-
	-	0207 93	300		0209 23	-	-	-	-	-	-
0207 50[1]	-	0206 76	400	-	0209 76	-	-	-	-	-	-
	0207 21	0207 87	400	-	-	0212 20	-	-	-	-	-
	0207 23	0207 88	600	-	-	0212 22	-	-	-	-	-
	-	0207 98	300	-	-	0212 17	-	-	-	-	-
0207 50	0207 21	0207 87	400	-	-	0212 21	-	-	-	-	-
0207 50	0207 21	0207 87	400	-	-	0212 04	-	-	-	-	-
0207 50	0207 23	0207 88	600	-	-	0212 23	-	-	-	-	-
0207 50	0207 23	0207 88	600	-	-	0212 05	-	-	-	-	-
	-	0207 98	300	-	-	0212 18	-	-	-	-	-
	-	0207 98	300	-	-	0212 19	-	-	-	-	-
0207 50	-	0206 76	400	-	-	0212 94	-	-	-	-	-
0207 50	-	0206 76	400	-	-	0212 95	-	-	-	-	-
	-	0206 07	300	0208 07	0209 07	-	-	0206 57	300	0209 57	-
	-	0206 30	400	-	0209 08		-				-
	-	0206 30	400	0208 30	0209 30	-	-	0206 80	400	0209 80	-
0207 50[1][2]	-	0207 30	400	-	0209 32	-	-	-	-	-	-
0207 50[1][2]	-	0207 32	400	0208 30	0209 30	-	-	0207 82	400	0209 80	-
0207 50[1][2]	-	0207 32	400	-	0209 32	-	-	-	-	-	-
	-	0206 30	400	0208 34	0209 34	-	-	0206 80	400	0209 84	-
	-	0206 30	400	-	0209 36	-	-	-	-	-	-
0207 50[1][2]	-	0207 36	400	0208 34	0209 34	-	-	-	-	-	-
0207 50[1][2]	-	0207 36	400	-	0209 35	-	-	-	-	-	-
	-	0206 86	800	-	0209 86	-	-	-	-	-	-
	-	0206 86	800	-	0209 87	-	-	-	-	-	-
	-	0207 31	400	-	-	0212 31	-	-	-	-	-
	-	0207 31	400	-	-	0212 32	-	-	-	-	-
	-	0207 35	400	-	-	0212 34	-	-	-	-	-
	-	0207 35	400	-	-	0212 35	-	-	-	-	-
	-	0206 87	800	-	-	0212 36	-	-	-	-	-
	-	0206 87	800	-	-	0212 37	-	-	-	-	-
	0207 40	-	600	-	-	0212 40	0207 41	-	-	-	0212 41
	0207 42	-	600	-	-	0212 42	0207 43	-	-	-	0212 43
	-	-	-	-	-	-	0207 41	-	-	-	0212 41
	-	-	-	-	-	-	0207 43	-	-	-	0212 43
	-	-	-	-	-	-	0207 41	-	-	-	0212 41
	-	-	-	-	-	-	0207 43	-	-	-	0212 43
	-	-	-	-	-	-	0207 41	-	-	-	0212 41
	-	-		-	-	-	0207 43	-	-	-	0212 43

Rozdzielnice XL³ 4000 z wyposażeniem (ciąg dalszy)

Separacje w rozdzielnicach XL³ 4000												
				Sposób podłączenia	Przyłączenie górne					Przyłączenie dolne		
				Rodzaje separacji	2a	2b	3a	3b	4a	2b	3b	4b
Głębokość rozdzielnicy (mm)		475	725	975								
Separacja pozioma górna lub dolna	24 moduły	0208 91	0208 91	0208 91	x	x	x	x	x	x	x	x
	36 modułów	0208 99	0208 99	0208 99	x	x	x	x	x	x	x	x
Przegroda przedniej ścianki wyłącznika DMX 2500		0208 80	0208 80	0208 80	x		x	x	x			
Przegroda przedniej ścianki wyłącznika DMX 4000 i DMX-L		0208 81	0208 81	0208 81	x		x	x	x			
Zestaw do wykonania bocznej przegrody na przedniej ściance		0208 90	0208 90	0208 90			x	x	x		x	x
Przegroda pozioma dla jednostek funkcjonalnych	24 moduły	0208 92	0208 92	0208 92	x		x	x	x	x	x	x
	36 modułów	0205 92	0205 92	0205 92	x		x	x	x	x	x	x
Przegroda pionowa między rozdzielnicą a przedziałem kablowym		0205 33	0205 34	0205 35		x		x	x			
Przegroda pionowa między przedziałem kablowym wewnętrznym i przedziałem kablowym zewnętrznym		0205 93	0205 94	0205 95		x		x	x			x
Przegroda pozioma szyn zasilających ≤1600	W rozdzielnicy	0205 36	0205 37			x		x	x			
	W przedziale kablowym wewnętrznym	0208 70	0208 71			x		x	x			
	W przedziale kablowym zewnętrznym	0208 73	0208 74			x		x	x			
Przegroda pozioma szyn zasilających ≤4000	W rozdzielnicy		0205 38	0205 39		x		x	x			
	W przedziale kablowym wewnętrznym		0208 72	0208 76		x		x	x			
	W przedziale kablowym zewnętrznym		0208 75	0208 86		x		x	x			
Przegroda pionowa boczna dla DPX 1600		0205 96	0205 96	0205 96		x		x	x			
Przegrody boczne z dławikami	wys. 200 mm	0205 97	0205 97	0205 97				x	x			
	wys. 300 mm	0205 98	0205 98	0205 98				x	x			
	wys. 400 mm	0205 99	0205 99	0205 99				x	x			
Przegroda pionowa tylnych szyn zasilających			0208 84	0208 85						x	x	
Przegroda szyn zasilających tylnych	wys. 200 mm		0208 77	0208 77						x	x	
	wys. 300 mm		0208 78	0208 78						x	x	
	wys. 400 mm		0208 79	0208 79						x	x	
Przegroda szyn zasilających poziomych			0208 93	0208 94						x	x	x
Zestaw do komory DMX 2500			0208 82	0208 82						x	x	x
Zestaw do komory DMX 4000 i DMX-L			0208 83	0208 83						x	x	x
Przegroda pionowa tylna			0208 98	0208 98							x	x
Zestaw do komory DPX	wys. 200 mm			0208 87								x
	wys. 300 mm			0208 88								x
	wys. 400 mm			0208 89								x
Zamykanie ostatniej komory				0208 95								x
Zamykanie dolnej strefy szyn zasilających				0208 96								x
Tylna przegroda do komory rezerwowej				0208 97								x

Akcesoria do okablowania

Końcówki kablowe STARFIX™

Przekrój (mm²)	Kolor	Końcówki kablowe pojedyncze z kołnierzem izolacyjnym w magazynku		w paskach, pojedyncze		Końcówki kablowe podwójne
		ilość	nr referencyjny	ilość	nr referencyjny	
0,5	biały	300	0376 41	12 x 40	0376 61	
0,75	niebieski	300	0376 42	12 x 40	0376 62	0376 87
1	czerwony	300	0376 43	28 x 40	0376 63	0376 88
1,5	czarny	300	0376 44	28 x 40	0376 64	0376 89
2,5	szary	250	0376 45	28 x 40	0376 66	0376 90
4	pomarańczowy			10 x 25	0376 67	
6	zielony			10 x 25	0376 68	
10	brązowy			1	0376 69	
16	biały			1	0376 70/72[1]	
25	czarny			1	0376 71	
35	czerwony			1	0376 77	
50	niebieski			1	0376 78	

Narzędzia i akcesoria		Przekroje końcówek kablowych (mm²)							
		0,5	0,75	1	1,5	2,5	4	6	10 ÷ 50
Szczypce Starfix	Standardowe	0376 49					0376 51		
	Z „grzechotką”	0376 91					0376 96		
Zestawy Starfix		0376 59							0376 92
Szczypce Starfix wielofunkcyjne		0376 97							
Magazynek szczypców standardowych lub z „grzechotką”		0376 52	0376 53	0376 54	0376 55	0376 56	0376 57	0376 58	
Magazynek do szczypców Starfix S		0376 80	0376 81	0376 82	0376 83	0376 84			

(1) Końcówka do mostków łączeniowych szyn rozdzielczych SR.

Kanały grzebieniowe LINA 25™

Wymiary: szerokość x wysokość (mm)													
25 x 25	25 x 40	25 x 60	25 x 80	40 x 25	40 x 40	40 x 60	40 x 80	60 x 40	60 x 60	60 x 80	80 x 60	80 x 80	120 x 80
0362 00	0362 01	0362 02	0362 03	0362 05	0362 06	0362 07	0362 08	0362 11	0362 12	0362 13	0362 16	0362 17	0362 25

Narzędzia i akcesoria do kanałów Lina 25™		Nr referencyjny
Akcesoria do opisu	Uchwyt etykiety 6/6,5	0367 02
	Pasek opisowy dł. 2 m	0370 10
Rura osłonowa elastyczna (25 m)	Średnica 15 mm	0366 38
	Średnica 35 mm	0366 39
Osłona spiralna (25 m)	Średnica 6 mm	6361 77
	Średnica 12 mm	6361 78
	Średnica 22 mm	6361 83
Uchwyty Linafix	Do wspornika TH 35	0367 00
	Do wsporników poprzecznych	0366 40
	Do płyt perforowanych	0366 41
	Do drzwi	0366 42
	Łącznik kanałów Lina 25™	0366 43
	Nit do płyty pełnej	0366 46
	Trzymacz przewodu	0367 01

Gniazda przemysłowe

W ofercie handlowej firmy Legrand znajdują się gniazda przemysłowe P 17 Tempra. Zaprojektowano je z myślą o zapewnieniu niezawodnego połączenia i bezpiecznego użytkowania. Materiały przeznaczone do ich produkcji oraz konstrukcja zapewniają bezpieczną pracę w różnych warunkach środowiskowych.
Poliamid 6, z którego wykonane są gniazda, pozwala na ich użytkowanie w zakresie temperatur od -25°C do +40°C.

^ Zestaw zasilający z gniazdem i rozłącznikiem IP55 (16 A, 3P+Z).

Gniazda przemysłowe P 17

				Gniazda wtyczkowe stałe		Gniazda wtyczkowe tablicowe		Gniazda wtyczkowe przenośne	
				IP44	IP66/67	IP44	IP66/67	IP44	IP66/67
B. niskie napięcie	20/25 V∿	2P	16 A	0552 06		0552 45		0552 41	
			32 A	0552 56		0552 95		0552 91	
Niskie napięcie	220/250 V∿	2P+Z	16 A	0555 53	0553 03	0576 11	0576 51	0575 84	0568 03
			32 A	0555 73	0553 23	0576 12	0576 52	0582 84	0568 23
	380/415 V∿	3P+Z	16 A	0555 57	0553 07	0576 17	0576 57	0575 88	
			32 A	0555 77	0553 27	0576 18	0576 58	0582 88	
			63 A		0587 44		0587 24		0587 34
			125 A						
		3P+N+Z	16 A	0555 58	0553 08	0576 23	0576 63	0575 89	
			32 A	0555 78	0553 28	0576 24	0576 64	0582 89	
			63 A		0587 45		0587 25		0587 35
			125 A						

Zestawy zasilające P 17 z jednym gniazdem, od 16 do 63 A

Gniazda wtyczkowe stałe			IP44	IP55
200-250 V∿	16 A	2P+Z	0566 01	0566 21
	32 A	2P+Z	0567 09	0566 29
380-415 V∿	16 A	3P+Z	0568 05	0566 25
		3P+N+Z	0569 06	0566 26
	32 A	3P+Z	0570 13	0566 33
		3P+N+Z	0571 14	0566 34

Indeks

A

Altis . . . 203
Amplituda napięcia . . . 26
Amplituda szybkich zmian napięcia . . . 26
Asymetria napięć . . . 28
Atlantic . . . 202
Autonomia działania . . . 38

B

Badania korozyjne . . . 189
Badanie typu . . . 519
Bardzo niskie napięcie . . . 16
Baterie akumulatorów . . . 49
Biała rdza . . . 192
Bilans termiczny (rozdzielnicy) . . . 221
Blok rozdzielczy XL-Part . . . 475
Bloki rozdzielcze . . . 466
Bloki rozdzielcze modułowe . . . 476
Bloki rozdzielcze przelotowe . . . 477
Bloki rozdzielcze szynowe . . . 476
Bloki rozdzielcze śrubowe . . . 476
Bloki różnicowoprądowe do DPX . . . 353
Blokowanie wyłącznika DMX . . . 332
Blokowanie urządzeń (serwisowanie) . . . 423
By-pass . . . 48

C

CE . . . 523
Certyfikacja rozdzielnic . . . 518
Cewka zamykania DMX . . . 330
Charakterystyka B . . . 320
Charakterystyka C . . . 320
Charakterystyka D . . . 320
Charakterystyka prądu ograniczonego . . . 321
Charakterystyki DPX . . . 356
Charakterystyki prądowe DMX . . . 336
Charakterystyki wyłączników (DPX) . . . 318
Charakterystyki całek Joule'a . . . 321
Ciągłość mas . . . 67
cos φ . . . 33
Czas interwencji (SZR) . . . 46
Czas wyłączenia (układ sieci TN) . . . 293
Czerwona rdza . . . 192
Częstotliwość napięcia . . . 26

D

Długotrwałe zaniki napięcia . . . 27
DMX . . . 322
DMX-I . . . 371
Dobór i zastosowanie kabli i przewodów . . . 490
Dobór obudowy . . . 206
Dobór ochronników . . . 406
Dobór szyn zasilających . . . 448
Dodatkowa izolacja instalacji . . . 74
Dodatkowe połączenia wyrównawcze . . . 262
Doprowadzanie kabli do obudów . . . 119
DPX . . . 338
DPX-I . . . 371
DPX-IS . . . 370
Dystrybucja energii . . . 16
Dystrybucja energii niskiego napięcia . . . 18
Działanie bezzwłoczne . . . 315
Działanie pola elektromagnetycznego . . . 77
Działanie krótkozwłoczne . . . 315
Działanie zwłoczne . . . 315

E

Ekranowanie obudów . . . 159
Ekwipotencjalność . . . 154
Ekwipotencjalność instalacji . . . 145
Ekwipotencjalność – poziom 0 . . . 145
Ekwipotencjalność – poziom 1 . . . 146
Ekwipotencjalność – poziom 2 . . . 147
Ekwipotencjalność – poziom 3 . . . 148
Ekwipotencjalność – poziom 4 . . . 149
Elektryczne przyczyny awarii (pożaru) . . . 115
ELV . . . 16
EMC Kompatybilność elektromagnetyczna . . . 142
Energia bierna . . . 35
Energia czynna . . . 35

F

FR 300 . . . 368
FRX 300 . . . 368

G

Główna szyna wyrównawcza . . . 262
Główne połączenie wyrównawcze . . . 262
Główny przewód ochronny . . . 262
Główny zacisk przewodów ochronnych . . . 262
Główny zacisk uziemienia . . . 262
Grad (narażenia mechaniczne) . . . 213
Graniczne przyrosty temperatury . . . 222
Grupowanie obwodów . . . 273
Gwiazda . . . 43
Hamowanie ognia . . . 89

H

HQE . . . 11

I

I_B prąd użytkowy . . . 266
I_{cc} prąd zwarciowy maksymalny spodziewany . . . 504
I_{cm} prąd znamionowy załączalny zwarciowy . . . 317
I_{cn} zwarciowa zdolność łączeniowa . . . 316
I_{cs} prąd znamionowy wyłączalny zwarciowy eksploatacyjny . . . 317
I_{cu} prąd znamionowy wyłączalny zwarciowy graniczny . . . 316
I_{cw} prąd zwarciowy krótkotrwały wytrzymywany . . . 506
I_{cw} prąd znamionowy krótkotrwały wytrzymywany . . . 317
Identyfikacja (serwisowanie) . . . 423
IKXX . . . 521
Ilość obwodów odpływowych . . . 480
Impedancja ciała ludzkiego . . . 52
I_n prąd znamionowy . . . 316
Inox (Atlantic) . . . 204
Instalacja odgromowa . . . 132
Instalacje alarmowe (przeciwpożarowe) . . . 95
Instalowanie obudów . . . 178
IPXX . . . 520
I_z prąd maksymalny w instalacji . . . 266
Izolacja wzmocniona . . . 60

J

Jakość napięcia zasilającego . . . 26

K

Jednostka funkcjonalna . . . 517

Kable bezhalogenowe . . . 121
Kaskada ochronników . . . 141
Kategoria pracy . . . 316
Klasa ochronności 0 . . . 58
Klasa ochronności III . . . 61
Klasa ochronności I . . . 59
Klasa ochronności II . . . 59
Klasa ograniczenia energii . . . 321
Klasy reakcji na ogień . . . 91
Klasy zabezpieczeń przed porażeniem przy dotyku pośrednim . . . 58
Klimatyzatory . . . 232
Kompatybilność elektromagnetyczna . . . 142
Kompensacja współczynnika mocy . . . 33
Konfiguracja połączeń uzwojenie pierwotnego i wtórnego . . . 43
Konsekwencje pożaru . . . 89
Kontakt z gorąca powierzchnia obudowy . . . 76
Koordynacja aparatów zabezpieczających . . . 372
Koordynacja ochronników . . . 416
Korozja . . . 181
Korozja atmosferyczna . . . 186
Korozja chemiczna . . . 181
Korozja elektrolityczna . . . 182
Korozja tellurowa . . . 188
Korozja wodna . . . 186
Kratka wentylacyjna . . . 219
Krótkotrwale zaniki napięcia . . . 27
Kurz (narażenie instalacji) . . . 166

L

Linia kablowa- ziemna . . . 18
Linia napowietrzna . . . 18
Listwy przyłączeniowe . . . 473
Łuk elektryczny . . . 315

M

Mapa burzowa Polski . . . 126
Marina . . . 201
Masa jako przewód ochronny . . . 68
Materiały bezhalogenowe . . . 90
Materiały obudów . . . 200
Metoda czterech przewodów (pomiar małych wartości rezystancji) . . . 158
Metoda impedancji (obliczanie prądu zwarcia) . . . 306
Metoda uproszczona(obliczanie prądu zwarcia) . . . 306
Miejsce instalowania zabezpieczeń przed przeciążeniem . . . 279
Miejscowe połączenie wyrównawcze . . . 263
Mieszanie powietrza wewnątrz obudowy . . . 228
Migotanie napięcia . . . 27
Moc bierna . . . 33
Moc bierna baterii kondensatorów kompensacyjnych . . . 35
Moc rozproszona . . . 221
Moc rozproszona przez przewody . . . 223
Moc rozproszona w obudowie . . . 224
Model elektrogeometryczny (powstawanie pioruna) . . . 133
Montaż bloków rozdzielczych . . . 472
MP17 . . . 325
MP18 . . . 325
MP20 . . . 326
Mycie pod dużym ciśnieniem (narażenie instalacji) . . . 171

N

Nadciśnienie wewnętrzne w obudowach . . . 178
Nagrzewanie obudów . . . 218
Napęd silnikowy DMX . . . 331
Napęd silnikowy DPX . . . 348
Napięcia harmoniczne . . . 29
Napięcia interharmoniczne . . . 32
Napięcie dotykowe . . . 52
Napięcie graniczne 50 V . . . 61
Nieprzewidziane zadziałanie wyłączników różnicowoprądowych . . . 396
Niskie napięcie . . . 16

O

Obciążalność przewodów . . . 285
Obciążenie cieplne (zagrożenie pożarowe) . . . 124
Obliczanie przekroju przewodów . . . 267
Obliczanie prądu zwarciowego . . . 302
Obudowy o klasie ochronności II A . . . 73
Obudowy o klasie ochronności II B . . . 74
Obwody priorytetowe . . . 47
Ochrona przed porażeniem przy dotyku bezpośrednim . . . 54
Ochrona przed porażeniem przy dotyku pośrednim . . . 58
Ochrona przed skutkami uderzenia pioruna . . . 131
Ochrona przez izolowanie części czynnych . . . 54
Ochrona przez samoczynne wyłączenie zasilania . . . 61
Ochrona przez stosowanie barier i obudów . . . 54
Ochrona przez zastosowanie przeszkód . . . 56
Ochrona przez zastosowanie bezpiecznego niskiego napięcia . . . 56
Ochrona przez zastosowanie nieuziemionych połączeń wyrównawczych . . . 65
Ochrona przez zastosowanie separacji elektrycznej . . . 64
Ochrona przez ograniczenie energii wyładowczej . . . 57
Ochrona wyłącznikiem różnicowoprądowym o dużej czułości . . . 57
Ochrona przez umieszczanie elementów czynnych poza zasięgiem reki . . . 56
Ochronniki do gniazd wtykowych . . . 418
Ochronniki do linii telefonicznych . . . 418
Ochronniki przeciwprzepięciowe . . . 400
Odbiorca . . . 18
Oddymianie . . . 106
Odległość między wspornikami szyn zasilających-ustalanie . . . 453
Odporność na ogień – klasyfikacja . . . 123
Odporność na przetężenia . . . 71
Ograniczanie energii . . . 322
Ograniczanie prądu . . . 320
Ograniczenia mechaniczne . . . 212
Okres napięcia . . . 26
Opady atmosferyczne (narażenia mechaniczne) . . . 213
Oświetlenie awaryjne . . . 103
Oznakowanie zestawów rozdzielnic . . . 523

P

P 300 . . . 536
Parametry bloków rozdzielczych . . . 467
Parametry ochronników . . . 401
Parametry transformatorów WN (SN) i nN . . . 42
Parametry wyłączników DPX . . . 340
Parametry wyłączników S300 . . . 362
Parametry wyłączników S310 . . . 363
Parametry wyłączników DMX . . . 328
Parcie wiatru (narażenia mechaniczne) . . . 212
Pasywacja . . . 185
PCI dolna wartość opałowa . . . 124
PCS górna wartość opałowa . . . 124
PCV . . . 91
PELV . . . 63
Pęcznienie tworzyw sztucznych . . . 90
Piorun i przepięcia (jako przyczyna pożaru) . . . 119
Podatność na korozję (klasyfikacja) . . . 199
Podciśnienie (obudowy) . . . 229
Podczerwień . . . 117
Podłączanie mas w sieciach SN . . . 24
Podłączenie odbiorcy . . . 18
Podwójne uszkodzenie . . . 245

Pojedyncze uszkodzenie . . . 244
Poliester z włóknem szklanym . . . 201
Polimery . . . 200
Połączenia wyrównawcze – minimalny przekrój przewodów . . 68
Połączenie mas . . . 263
Połączenie wyrównawcze urządzeń nieuziemionych . . . 263
Pomieszczenia czyste i kontrolowane . . . 176
Pomieszczenia o podwyższonym zagrożeniu pożarowym . . . 86
Pomieszczenia zagrożone pożarem . . . 107
Pomieszczenia zagrożone wybuchem . . . 109
Porażenie przy dotyku pośrednim (zabezpieczenie) . . . 292
Potencjały elektrochemiczne (skala) . . . 182
Potencjały materiałów (skala) . . . 83
Powstawanie pioruna . . . 126
Praca DPX w obwodach prądu stałego . . . 355
Praca równoległa transformatorów . . . 44
Praca S300 przy prądzie stałym . . . 366
Praca DPX przy częstotliwości 400 Hz . . . 355
Prad znamionowy . . . 316
Prąd maksymalny w instalacji . . . 266
Prąd znamionowy wyłączalny zwarciowy eksploatacyjny . . . 317
Prąd znamionowy wyłączalny zwarciowy graniczny . . . 316
Prąd znamionowy załączalny zwarciowy . . . 317
Prąd zwarciowy w układzie sieci TN . . . 294
Prąd użytkowy . . . 266
Prąd znamionowy krótkotrwały wytrzymywany . . . 317
Prądy uszkodzeniowe . . . 81
Procedury blokowania zamkami . . . 428
Program XL Pro² . . . 513
Promieniowanie elektromagnetyczne . . . 78
Promieniowanie słoneczne . . . 165
Prowadzenie i układanie kabli . . . 120
Próba palności . . . 90
Próg wyzwolenia wyłącznika różnicowoprądowego . . . 392
Przeciążenie . . . 279
Przeciążenie przewodów (przyczyna pożaru) . . . 116
Przedział kablowy . . . 508
Przegrody (przeciwpożarowe) . . . 106
Przekaźnik spolaryzowany . . . 390
Przekaźnik różnicowoprądowy . . . 353
Przekładnik prądowy wyłącznika różnicowoprądowego . . . 390
Przekroje przewodów do rozdzielnic . . . 497
Przekrój szyn zasilających- ustalanie . . . 448
Przekrój przewodu neutralnego . . . 276
Przełączanie zasilania rezerwowego DMX . . . 333
Przełącznik zasilania rezerwowego DPX . . . 348
Przemieszczanie się rozdzielnic (narażenia mechaniczne) . . . 215
Przenikanie wody (narażenie instalacji) . . . 170
Przepięcia . . . 27
Przepięcia łączeniowe . . . 82
Przepięcia pochodzenia atmosferycznego . . . 82
Przepięcia przejściowe . . . 28
Przepięcia w instalacji nN . . . 81
Przepust wentylacyjny . . . 219
Przetężenia . . . 80
Przewody czynne (zabezpieczenie przed zwarciem) . . . 286
Przewody ochronne . . . 74
Przewody ochronne obwodów . . . 262
Przewody ochronne (zabezpieczenie przed zwarciem) . . . 287
Przewody odprowadzające (instalacja odgromowa) . . . 135
Przewody . . . 490
Przewód neutralny (przegrzanie) . . . 118
Przewód ochronny – minimalny przekrój . . . 67
Przewód ochronny – przyłączanie . . . 67
Przewód ochronny transformatora . . . 263
Przewód uziemiający . . . 262
Przewód uziemiający funkcjonalny . . . 263
Przyłącza elektryczne . . . 21
Przyłącza rozdzielcze . . . 475
Przyłączanie wyłączników DMX . . . 334
Przyłączanie ochronników . . . 410
Przyłączanie wyłączników DPX . . . 349
Przyłączanie wyłączników S300/S310 . . . 365
Punkt zerowy izolowany (SN) . . . 23
Punkt zerowy uziemiony przez impedancję (SN) . . . 23
Punkt zerowy uziemiony (SN) . . . 23
Punkt zerowy uziemiony przez rezystancję (SN) . . . 23

R

R 300 . . . 538
Reakcja na ogień- klasyfikacja . . . 123
Reguła 0,5 m (ochronniki) . . . 414
RoHS . . . 7
Rozdzielnica piętrowa . . . 18
Rozdzielnice XL³ . . . 502
Rozdzielnice XL³ 160 . . . 503
Rozdzielnice XL³ 400 . . . 505
Rozdzielnice XL³ 400 IP30-43 . . . 505
Rozdzielnice XL³ 400 IP55 . . . 506
Rozdzielnice XL³ 4000 . . . 510
Rozdzielnice XL³ 800 . . . 507
Rozładowanie napięć (serwisowanie). . . . 423
Rozłączanie awaryjne . . . 438
Rozłączanie izolacyjne . . . 444
Rozłączanie przewodu PEN . . . 242
Rozłącznik SN . . . 17
Rozłącznik DMX-I . . . 371
Rozłącznik DPX-I . . . 371
Rozłączniki . . . 368
Rozłączniki DPX- IS . . . 370
Rozłączniki izolacyjne bez widocznej przerwy stykowej . . . 368
Rozłączniki izolacyjne z widoczną przerwą stykową . . . 368
Rozłączniki VISTOP . . . 369
Rozmieszczenie wentylatorów . . . 229
Rozmieszczenie ochronników w instalacji . . . 413
Równoważenie obciążenia faz . . . 478
Ruchy sejsmiczne . . . 216
Ryzyko poparzenia . . . 76
Ryzyko porażenia prądem elektrycznym . . . 52
Ryzyko powstania pożaru . . . 86

S

S 300 . . . 360
S 310 . . . 360
S1 . . . 342
S2 . . . 342
Selektywność . . . 380
Selektywność dynamiczna . . . 382
Selektywność prądowa . . . 381
Selektywność czasowa . . . 382
Selektywność logiczna . . . 383
Selektywność wyłączników różnicowoprądowych . . . 398
SELV . . . 63
Separacja elektryczna . . . 64
Separacja elektryczna zasilań (EMC) . . . 150
Separacja geometryczna . . . 152
Separacja szyn zasilających . . . 158
Separacja wewnątrz rozdzielnic . . . 514
Separowanie (serwisowanie) . . . 422
Sieć uziemienia (instalacja odgromowa) . . . 6
Sieć zabezpieczająca (schemat) . . . 261
Skuteczność ekranowania . . . 160
Skutki fizjologiczne porażenia prądem elektrycznym . . . 53
Skutki uderzenia pioruna . . . 128
SN . . . 16
Spadek napięcia na przewodzie . . . 280
Spadki napięcia . . . 27
Spalanie PCV . . . 91

Spektrum elektromagnetyczne . . . 79
Sprawdzanie ciągłości mas . . . 71
Sprawdzanie napięcia (serwisowanie) . . . 423
Sprawdzanie własności dielektrycznych . . . 75
Sprzężenie (zakłócenia elektromagnetyczne) . . . 144
Stal nierdzewna . . . 204
Stal pokryta poliestrem . . . 202
Stan styków (przyczyna pożaru) . . . 115
Sterownik do przełączania źródeł zasilania . . . 46
Sterownik do układów SZR . . . 436
Stopień IKXX . . . 521
Stopień ochrony IPXX . . . 520
Stosowanie wyłączników różnicowoprądowych . . . 395
Styki pomocnicze DPX . . . 347
Styki pomocnicze S300/S310 . . . 364
Styki pomocnicze DMX . . . 332
Substancje mechaniczne czynne . . . 212
Sygnalizowanie (serwisowanie) . . . 423
System przeciwpożarowy . . . 98
Szron i oblodzenie (narażenia mechaniczne) . . . 213
Szyny rozdzielcze . . . 475
Szyny zasilające elastyczne . . . 499
Szyny łączeniowe do aparatów modułowych . . . 474
Śnieg (narażenia mechaniczne) . . . 213
Średnie napięcie . . . 16
Środki ostrożności na wypadek pożaru . . . 112
Środowisko morskie (narażenie instalacji) . . . 173
Środowisko tropikalne (narażenie instalacji) . . . 174
Środowisko agresywne (narażenie instalacji) . . . 172
Środowisko przemysłowe (narażenie instalacji) . . . 173

T

Temperatura – maksymalna dopuszczalna powierzchni . . . 76
Temperatura otoczenia . . . 218
Temperatura wewnątrz obudowy . . . 218
Temperatury odniesienia . . . 218
Termografia . . . 117
tg φ . . . 33
THD . . . 29
Transformatory do sterowania i sygnalizacji . . . 39
Transformatory hermetyczne . . . 41
Transformatory olejowe . . . 40
Transformatory otwarte . . . 40
Transformatory suche . . . 41
Transformatory z poduszką gazową . . . 41
Transformatory wysokiego (średniego) i niskiego napięcia . . . 40
Transformatory z konserwatorem oleju . . . 41
Trójkąt . . . 43
Trójkąt mocy . . . 33
Trójkąt ognia . . . 89
Tryb różnicowy (ochronnika) . . . 404
Tryb różnicowy . . . 258
Tryb wspólny . . . 258
Tryb wspólny (ochronnika) . . . 404
Trzecia harmoniczna . . . 31
Tworzenie zestawów rozdzielnic . . . 66
Typy ochronników . . . 401

U

Udar 1,2/50 µs . . . 401
Udar 8/20 µs . . . 401
Udar 10/350 µs . . . 401
Uderzenia mechaniczne IKXX . . . 521
Uderzenie pioruna . . . 126
Ue napięcie znamionowe łączeniowe . . . 316
Ui napięcie znamionowe izolacji . . . 316
Ui sprawdzanie . . . 463
Uimp napięcie znamionowe udarowe wytrzymywane . . . 316
Uimp sprawdzanie . . . 464
Układ sieci . . . 236
Układ sieci IT . . . 243
Układ sieci TN . . . 239
Układ sieci TT . . . 236
Układ sieci a EMC . . . 257
Układanie przewodów i kabli . . . 268
Układy sieci średniego napięcia . . . 23
Układy sieci ITN . . . 25
Układy sieci ITR . . . 24
Układy sieci ITS . . . 25
Układy sieci TNR . . . 24
Układy sieci TTN . . . 25
Układy sieci TTS . . . 25
UPS on – line . . . 48
UPS off – line . . . 48
Urządzenia systemu alarmowego . . . 101
Uziemienie ochronników . . . 263
Uziemienie (układ sieci TT) . . . 238
Uziom . . . 262

V

Vistop . . . 369
Wartość opałowa materiałów . . . 92
Warunki ekspozycji . . . 165
Warunki instalowania . . . 163
Warunki środowiskowe . . . 162
WEEE . . . 7
Wentylacja obudów . . . 218
Wiązki kabli (zagrożenie pożarem) . . . 120
Wibracje (narażenia mechaniczne) . . . 214
Wilgotność (narażenie instalacji) . . . 168
Wkładki topikowe . . . 541
WN . . . 16
Wskaźnik godzinowy . . . 43
Wsporniki XL-Part . . . 477
Współczynnik przełączenia . . . 222
Współczynnik użytkowania . . . 222
Współczynnik zawartości harmonicznych . . . 29
Współczynnik działania . . . 222
Współczynnik jednoczesności . . . 222
Współczynnik rozszerzalności . . . 222
Wstrząsy i uderzenia (IKXX) . . . 215
Wybór układu sieci . . . 254
Wykonanie stacjonarne DPX . . . 344
Wykonanie wysuwne DPX . . . 346
Wykonanie gniazdowe (wtykowe) DPX . . . 345
Wyładowania elektrostatyczne . . . 83
Wyładowanie atmosferyczne – model elektryczny . . . 127
Wyłączanie awaryjne . . . 442
Wyłączanie konserwacyjne lub serwisowe . . . 422
Wyłączenia napięcia . . . 85
Wyłącznik różnicowoprądowy typu A . . . 394
Wyłącznik różnicowoprądowy typu AC . . . 394
Wyłącznik różnicowoprądowy typu Hpi . . . 397
Wyłącznik różnicowoprądowy typu S . . . 394
Wyłącznik SN . . . 17
Wyłączniki DMX . . . 322
Wyłączniki DPX . . . 338
Wyłączniki nadprądowe S300 . . . 360
Wyłączniki różnicowoprądowe . . . 390
Wyłączniki . . . 314
Wymiana ciepła przez ściankę . . . 227
Wymiennik ciepła . . . 231
Wyrównanie potencjałów mas . . . 67
Wysokie napięcie . . . 16
Wyspy w układzie sieci . . . 246
Wytrzymałość na żar . . . 504
Wyzwalacz elektroniczny . . . 315

Wyzwalacz elektroniczny DPX . . . 343
Wyzwalacz elektroniczny MP17 . . . 325
Wyzwalacz elektroniczny MP18 . . . 325
Wyzwalacz elektroniczny MP20 . . . 326
Wyzwalacz magnetyczny . . . 314
Wyzwalacz termiczno – magnetyczny DPX . . . 343
Wyzwalacz termiczny . . . 314
Wyzwalacz S1 do DPX . . . 342
Wyzwalacz S2 do DPX . . . 342
Wyzwalacze nadprądowe (DPX) . . . 342
Wyzwalacze napięciowe DPX . . . 347
Wyzwalacze napięciowe (wzrostowe) S300/S310 . . . 364
Wyzwalacze napięciowe DMX . . . 330
Wyzwalacze podnapięciowe DMX . . . 330
Wyzwalacze podnapięciowe DPX . . . 347
Wyzwalacze podnapięciowe S300/S310 . . . 364
Wyzwalacze podnapięciowe zwłoczne DMX . . . 330

X, Y, Z

XL Pro² . . . 513
XL³ . . . 502
XL-Part . . . 475
XL-Part 100 . . . 483
XL-Part 125 . . . 483
XL-Part 1600 . . . 488
XL-Part 250 . . . 484
XL-Part 400 . . . 485
XL-Part 800 . . . 488
Zabezpieczanie ochronników . . . 417
Zabezpieczanie przed korozją . . . 193
Zabezpieczanie baterii kondensatorów . . . 35
Zabezpieczenie bezzwłoczne o stałym progu . . . 318
Zabezpieczenie bierne (uderzenie pioruna) . . . 140
Zabezpieczenie czynne (uderzenie pioruna) . . . 141
Zabezpieczenie przeciążeniowe zwłoczne . . . 336
Zabezpieczenie w układzie sieci IT . . . 295
Zabezpieczenie w układzie sieci TN . . . 293
Zabezpieczenie w układzie sieci TT . . . 293
Zabezpieczenie zwarciowe bezzwłoczne . . . 336
Zabezpieczenie zwarciowe krótkozwłoczne . . . 336
Zabezpieczenie przez zastosowanie bardzo niskiego napięcia . . . 62
Zabezpieczenie przez zastosowanie izolacji podwójnej lub izolacji dodatkowej . . . 62
Zabezpieczenie zwarciowe zwłoczne . . . 337
Zagrożenie pożarowe . . . 86
Zakłócenia elektromagnetyczne . . . 142
Zakłócenia napięcia zasilającego . . . 26
Zasady zabezpieczeń przeciwpożarowych . . . 94
Zasilacz stabilizowany . . . 39
Zasilanie awaryjne . . . 38
Zasilanie główne . . . 37
Zasilanie pomocnicze . . . 39
Zasilanie przez agregat prądotwórczy (prąd zwarciowy) . . . 304
Zasilanie rezerwowe . . . 37
Zasilanie z sieci publicznej (prąd zwarciowy) . . . 304
Zdalne sterowanie S300/S310 . . . 364
Zdalne sterowanie STOP&GO . . . 365
Zdolność zwarciowa . . . 284
Zespoły prądotwórcze . . . 252
Zestawy I klasy ochronności . . . 66
Zestawy II klasy ochronności . . . 72
Zgodność elektrolityczna metali . . . 196
Złącze kontrolne . . . 262
Zmiany napięcia . . . 26
Zrównoważony rozwój . . . 6
Zwarcia (przyczyna pożaru) . . . 118
Zwarcie . . . 284
Zwarciowa zdolność łączeniowa . . . 316
Zygzak . . . 43

Biura regionalne

Biuro Regionalne w Warszawie
Tulipan House
ul. Domaniewska 50
02-672 Warszawa
tel.: (022) 549 23 46
fax: (022) 843 94 51
warszawa@legrand.com.pl

Biuro Handlowe w Łodzi
ul. Kilińskiego 122/128
90-013 Łódź
fax: (042) 676 21 07
fax: (042) 676 21 13
lodz@legrand.com.pl

Biuro Regionalne w Lublinie
ul. Wrońska 2
20-327 Lublin
tel.: 081) 744 77 15
fax: (081) 745 69 15
lublin@legrand.com.pl

Biuro Handlowe w Białymstoku
ul. Generała Andersa 38 pok. 201
15-113 Białystok
tel.: (085) 664 75 25
fax: (085) 664 75 25
bialystok@legrand.com.pl

Biuro Handlowe w Kielcach
ul. Batalionów Chłopskich 77
25-671 Kielce
tel.: (081) 744 77 15
fax: (041) 345 21 40
kielce@legrand.com.pl

Biuro Regionalne we Wrocławiu
ul. Strzegomska 2-4
53-611 Wrocław
tel.: (071) 780 41 43/81
fax: (071) 780 41 20
wroclaw@legrandcom.pl

Biuro Handlowe w Poznaniu
ul. Gdyńska 45
61-016 Poznań
tel.: (061) 887 90 92
fax: (061) 887 90 78
poznan@legrand.com.pl

Biuro Regionalne w Krakowie
ul. Walerego Sławka 3
30-653 Kraków
tel.: (012) 623 30 40
fax: (012) 623 30 48/49
krakow@legrand.com.pl

Biuro Handlowe w Katowicach
ul. Siemianowicka 7D
40-301 Katowice
tel.: (032) 607 12 44/45
fax: (032) 253 01 14
katowice@legrand.com.pl

Biuro Regionalne w Gdańsku
ul.Twarda 12
80-871 Gdańsk
tel.: (058) 341 91 87
fax.: (058) 341 92 01
gdansk@legrand.com.pl

Biuro Handlowe w Bydgoszczy
ul. Rumińskiego 6
85-030 Bydgoszcz
tel.: (058) 341 91 87
fax.: (052) 347 13 17
bydgoszcz@legrand.com.pl

Biuro Handlowe w Szczecinie
ul. Kolumba 86
70-035 Szczecin
tel.: (091) 489 23 03
fax: (091) 489 23 02
szczecin@legrand.com.pl

Informacja techniczna o produktach

0 801 133 084

Z każdego miejsca w Polsce w godz. od 8.30 do 16.30 skonsultujecie się Państwo z nami za cenę połączenia lokalnego lub za pomocą poczty elektronicznej: **info@legrand.com.pl**

legrand

Legrand Polska Sp. z o.o.
ul. Waryńskiego 20
57-200 Ząbkowice Śląskie

Adres korespondencyjny:
Tulipan House
ul. Domaniewska 50
02-672 Warszawa
tel.: (022) 549 23 30
fax: (022) 843 94 51

PL 2008 07 002