



7. Ochrona odgromowa i przepięciowa w obiektach budowlanych

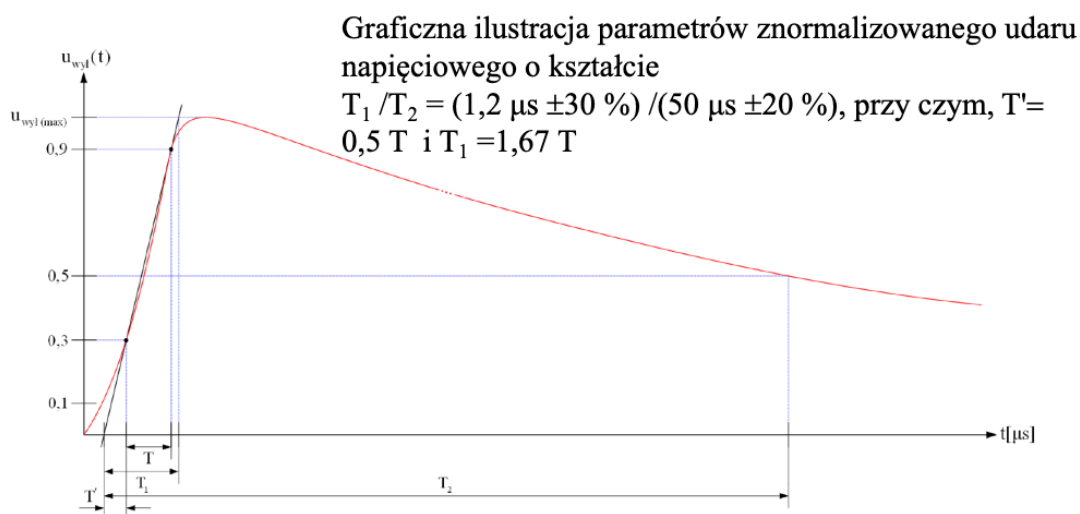
▼ Status	Zrobione
Assign	

▼ a) parametry piorunów chmura-ziemia

Podstawowymi parametrami, charakteryzującymi prąd piorunowy wyładowania doziemnego są:

- **wartość szczytowa uderów prądowych I [kA]** - decyduje o zagrożeniu przepięciami przewodzonymi i siłami dynamicznymi. Im większa wartość szczytowa, tym bardziej destrukcyjne wyładowanie.
- **stromość narastania czoła prądu piorunu $S = di/dt$ [kA/s]** - wpływa na zagrożenia powodowane przepięciami indukowanymi - przy dużej stromości narastania uderu, w pobliskich obiektach przewodzących może dochodzić do indukowania napięć o bardzo dużych wartościach
- **ładunek przenoszony prądem wyładowania Q [As]** - decyduje o wpływie działań termicznych na wejściu do elementów przewodzących - czyli im większy ładunek, tym bardziej taki "styk" piorun-instalacja się topi.
- **energia właściwa W/R [J/Ohm]** - energia wydzielona przez prąd piorunowy na rezystorze o jednostkowej rezystancji. Im wyższa energia właściwa, tym mocniej nagrzewają się przewody przez które płynie prąd oraz tym silniej na siebie oddziałują.
- **czas narastania czoła $T1$** - czas, w którym uder piorunowy wciąż narasta do wartości maksymalnej
- **czas trwania do połowy wartości szczytowej na grzbiecie fali prądu piorunowego $T2$** - czas, po którym fala udarowa opada do połowy swojej

wartości szczytowej.



Źródła:

[1] Materiały z wykładu *Ochrona odgromowa i przepięciowa w obiektach budowlanych*

[2] http://zwnike.iem.pw.edu.pl/zajecia/wtnw/7-8_TWN.pdf

▼ b) koordynacja izolacji

Koordynacja izolacji to zbiór działań, których celem jest dobór izolacji urządzeń elektrycznych oraz stosowanych środków ochrony przeciwprzepięciowej.

Izolacja powinna być zwymiarowana w taki sposób, żeby nie dochodziło do jej przebicia, a w przypadku jego wystąpienia - dotyczyło to tylko tych części izolacji równoległej, których przebicie nie powoduje trwałych uszkodzeń - np. izolacji powietrznej.

Izolacja i zabezpieczenia powinny także **maksymalnie ograniczać zakłócenia ruchowe** - czyli zakłócenia w pracy urządzeń.

W praktyce, koordynacja izolacji to **stopniowanie wytrzymałości elektrycznej izolacji** oraz **stosowanie ograniczników przepięć**, obniżających największe wartości przepięć do wartości mniejszych niż założony **poziom ochrony**.

Poziom ochrony jest poziomem napięcia, do którego ograniczone są przepięcia za pomocą środków ochrony przeciwprzepięciowej. Poziom ten określa się zależnie od rodzaju i warunków pracy układu.

Żeby zdefiniować poziom ochrony, definiuje się też **poziom podstawowy** napięcia, czyli wytrzymałość elektryczną najsłabszych części izolacji, których przebicie nie pociąga za sobą większych strat - np. izolacja powietrzna. Izolacja stała czy ciekła mają wyższy poziom wytrzymałości - a więc **wyższy poziom izolacji** - i można tu mówić o wewnętrznej koordynacji izolacji.

W koordynacji izolacji, **marginesy bezpieczeństwa** - czyli różnicę napięć wytrzymywanych (probiecznych - łączeniowych lub piorunowych) i szczytowych wartości przepięć - dobiera się dla określonych urządzeń w sposób arbitralny, bazując na kosztach urządzenia itp.

Napięcia wytrzymywane (probieczne) mają unormowane wartości, o określonej stromości narastania, czasu do półszczytu, kształcie itp.

Wśród **metod koordynacji izolacji** można wymienić:

- **Metodę deterministyczną:** sprowadza się do marginesu koordynacyjnego, czyli różnicy między poziomem podstawowym izolacji a poziomem ochronym. Margines określany jest przez współczynnik ochrony, który dobiera się adekwatnie do urządzenia. Postępowanie w tej metodzie sprowadza się do porównania i doboru charakterystyk udarowych (napięciowo-czasowych) chronionej izolacji oraz urządzenia służącego jej ochronie w taki sposób, by się na siebie nie nakładały (jak w zabezpieczeniach instalacji).
- **Metody statystyczne:** pełną i uproszczoną. Dotyczą tylko izolacji regenerującej się - czyli powietrznej lub występującej na styku powietrze-dielektryk stały. Przyjmuje się tu obliczenia w oparciu o metodę statystyczną i rozkład prawdopodobieństwa pojawienia się przepięć.

Źródła:

[1] Henryk Markiewicz - *Urządzenia elektroenergetyczne*

[2] Zdobysław Flisowski - *Technika wysokich napięć*

▼ c) urządzenia zewnętrznej i wewnętrznej ochrony odgromowej

Po pierwsze, należy zdefiniować dwa terminy:

- **ochrona zewnętrzna:** zespół środków chroniących obiekt przed bezpośrednim uderzeniem pioruna;
- **ochrona wewnętrzna:** zespół środków chroniących wnętrze obiektu przed skutkami rozprywu prądu pioruna w urządzeniu piorunochronnym.

Urządzenia zewnętrznej ochrony odgromowej

Urządzenia do ochrony zewnętrznej składają się ze zwodów, przewodów odprowadzających, przewodów uziemiających i uziomów. Mogą to być urządzenia naturalne - czyli występujące już w obiekcie - lub sztuczne, czyli instalowane specjalnie w tym celu. W pierwszej kolejności stosuje się na ogół elementy naturalne.

Wśród urządzeń ochrony zewnętrznej, można wymienić:

- **zwody**: zewnętrzne warstwy metalowe pokrycia dachu i ścian bocznych, a także metalowe dźwigary i wewnętrzne warstwy pokrycia dachu, etc. Stosuje się tu też elementy metalowe wystające nad dach i osłony typu klatkowego (zwody poziome). Urządzenia te mają na celu przechwycenie doziemnego wyładowania atmosferycznego.
- **przewody odprowadzające** - wszelkiego rodzaju stalowe i żelbetowe słupy nośne i pionowe metalowe elementy (pręty zbrojeniowe, rynny, drabinki, etc.). Przewody odprowadzające mają na celu bezpieczne odprowadzenie prądu pioruna.
- **uziomy** - zbrojone stopy, ławy i płyty fundamentowe oraz rurociągi i różne części metalowe w gruncie, jeżeli nie są izolowane. Uziomy mają na celu rozproszenie prądu pioruna w ziemi.

Urządzenia ochrony zewnętrznej dobiera się metodą toczącej się kuli, metodą kąta ochronnego lub metodą oczkową.

Urządzenia wewnętrznej ochrony odgromowej

Wśród środków wewnętrznej ochrony odgromowej można wymienić ekwipotencjalizację, minimalne odstęp izolacyjny i dodatkowe zabezpieczenia. Mówiąc dokładniej:

- **ekwipotencjalizacja - połączenia eliminujące różnice potencjałów** - należy do najsilniejszych środków ochrony i powinna obejmować przede wszystkim wprowadzane do budynku instalacje metalowe. Ekwipotencjalizację realizuje się za pomocą połączeń bezpośrednich (gdy na elementach instalacji metalowej łączonych z urządzeniem piorunochronnym nie ma normalnie napięcia) lub ogranicznikowych (gdy łączone z urządzeniem piorunochronnym przewody znajdują się pod napięciem).
- **minimalny odstęp izolacyjny** - jeżeli połączenia wyrównawcze nie są dopuszczalne, to w miejscu zbliżenia instalacji metalowej do przewodu urządzenia piorunochronnego musi być zapewniony odstęp zapobiegający

powstawaniu iskry. Odstęp nie jest jednak wymagany, gdy konstrukcja obiektu jest stalowa lub żelbetowa lub gdy na drodze iskry nie może znaleźć się człowiek lub materiał palny.

- **dodatkowe zabezpieczenia** - mają na celu zabezpieczenie wyposażenia obiektu (urządzeń sterowniczych, sygnalizacyjnych, komputerów, etc.) przed skutkami spadków napięć oraz napięć indukowanych pod wpływem wyładowań piorunowych. Wśród środków ochrony dodatkowej wymienić można:
 - ekrany
 - elektromagnetyczne rozdzielanie obwodów
 - ograniczniki jedno- i wielostopniowe.

Wśród ograniczników przepięć można wymienić:

- **iskierniki** - najprostsze ograniczniki, składające się z dwóch elektrod rozdzielonych dielektrykiem gazowym - czyli powietrzem. Ich działanie następuje w przypadku wystąpienia przepięć większych niż wytrzymałość przerwy powietrznej iskiernika, co powoduje zwarcie obwodu z ziemią i spadek napięcia do zera. Wadą iskierników jest to, że po zadziałaniu płynie prąd następczy wywołany napięciem roboczym, który trzeba przerwać np. odpowiednim wyłącznikiem.
- **odgromniki wydmuchowe** - ich podstawowym elementem jest iskiernik umieszczony w rurze z materiału gazującego. Materiał gazowy pełni funkcję szybkiego wyłącznika przerywającego prąd następczy płynący po zadziałaniu odgromnika. Gaszenie łuku następuje wskutek wydmuchu gazów wydzielających się pod wpływem łuku ze ścianek rury osłaniającej iskiernik. Strumień gazów chłodzi łuk i kolumnę połukową, co powoduje zgaszenie go.
- **zaworowe ograniczniki przepięć** - są zbudowane z iskierników oraz rezystorów o nieliniowej charakterystyce, mających małą rezystancję dla dużych prądów i dużą rezystancję dla niewielkich prądów. W przypadku przepięć powodujących zadziałanie iskiernika, występuje przepływ prądu wyładowczego o znacznej wartości - spadek napięcia na ograniczniku jest niewielki, więc napięcie łuku jest niewielkie. Ten spadek napięcia na rezystancji nosi nazwę **napięcia obniżonego**. Przy napięciu roboczym, rezystancja ograniczników powinna mieć odpowiednio wysoki poziom, by ograniczyć prąd następczy do wartości, przy której może zostać przerwany przez iskiernik.

- **warystorowe ograniczniki przepięć** - stosuje się w nich bloki warystorowe w hermetycznej obudowie. Takie ograniczniki przyłącza się na stałe między przewód roboczy a ziemię. Charakterystyka warystorów sprawia, że przy napięciach roboczych mają one bardzo dużą rezystancję - więc mały prąd, rzędu 1 mA - natomiast przy przepięciach, spada ona niemal do zera co powoduje odprowadzenie prądu wyładowczego o znacznej wartości do ziemi. Po krótkim czasie warystor odzyskuje swoją pierwotną rezystancję - więc prąd następczy praktycznie nie występuje.

Źródła

[1] Henryk Markiewicz - *Urządzenia elektroenergetyczne*

[2] Zdobysław Flisowski - *Technika wysokich napięć*

[3] Materiały z wykładu *Ochrona odgromowa i przepięciowa w obiektach budowlanych*

▼ d) ochrona przepięciowa instalacji elektrycznej budynków

W instalacjach elektrycznych można wyróżnić przepięcia powodowane:

- czynnościami łączeniowymi (przepięcia wewnętrzne)
- wyładowaniami atmosferycznymi (przepięcia zewnętrzne)
- elektrycznością statyczną.

Przepięcia wewnętrzne

Przepięcia wewnętrzne mogą występować w sieciach uszkodzonych i nieuszkodzonych. Wywoływane są m.in. przez załączenia niektórych odbiorników (kondensatory, transformatory, etc.), wyłączanie zwarć czy brak urządzeń regulacyjnych nadążających za zmianami obciążenia. Przepięcia łączeniowe mogą mieć wartości kilkukrotnie większe niż amplitudy napięć znamionowych urządzeń. Mogą więc prowadzić do uszkodzenia wrażliwych odbiorników.

Ochrona przed przepięciami wewnętrznymi oznacza w instalacjach stosowanie układów RC, diod Zenera oraz ograniczników przepięć z elementami warystorowymi. Układy RC i diody Zenera stosuje się przede wszystkim w urządzeniach o niewielkich mocach. Natomiast ograniczniki z elementami warystorowymi, jako zapewniające skuteczną ochronę przy prostej budowie, stosowane są w instalacjach powszechnie, zwłaszcza tam, gdzie instalowane są odbiorniki indukcyjne (maszyny elektryczne).

Przepięcia zewnętrzne

Przebiecia zewnętrzne spowodowane są wyładowaniami atmosferycznymi i charakteryzują sie bardzo duzymi wartościami prądów szczytowych, dużą stromośc narastania i krótkim czasem trwania. Mog prowadzi m.in. do indukowania się w pobliskich liniach napic o duzych wartościami, co też stwarza ryzyko uszkodzenia urządzeń.

Ochron przed skutkami przebiec atmosferycznych w sieciach niskiego napięcia realizuje się za pomocą iskiernikowych ograniczników przebiec, zwanych dawniej odgromnikami. Najpowszechniej stosuje się tu ograniczniki przebiec zbudowane z iskierników i warystorów. Oferuj one wysoką rezystancj dla małych prądów i wysoką dla duzych, co pozwala na samoczynne ograniczanie prądów następczych wyładowa w iskierniku.

Elektryczno statyczna

Natomiast elektryczno statyczna jest związana stricte z tryboelektryzacj i faktyczne zagrozenia sprawia przede wszystkim w procesach przemysłowych. W celu niwelowania skutków elektryczno statycznej stosuje się neutralizatory.

Projektowanie instalacji z uwzględnieniem ochrony przebieciowej

W normach wyrwnia się cztery typy urządzeń elektrycznych ze względu na kategorie przebiec. W praktyce, spełnienie wymagania norm oznacza zastosowanie w różnych miejscach instalacji ograniczników przebiec o różnych parametrach i włciwościami, które ograniczają przebiecia do wartośc granicznych dopuszczalnych w określonych kategoriach instalacji.

Same ograniczniki przebiec można wyrwni na klasy ze względu na docelowe zastosowania - np. klasa A to ochrona odgromowa linii napowietrznych niskiego napięcia, a klasa C - ochrona przebieciowa instalacji urządzeń elektrycznych w III kategorii przebieciowej.

TABLICA 10.6. Podział ograniczników przepięć niskiego napięcia na klasy (kategorie), wg DIN VDE 0675/T6 oraz IEC 61643

Klasa (kategoria) ogranicznika	Zakres zastosowania	Miejsce zainstalowania	Poziom ochrony	Obciążalność prądowa (znamionowy prąd wyładowczy)
A	ochrona odgromowa (przeciwprzepięciowa) linii napowietrznych niskiego napięcia	słupy linii elektroenergetycznych (rys. 10.7)	zgodnie z IEC 99.1	$5 \div 15$ kA kształt 8/20 μ s
B I	ochrona odgromowa (przeciwprzepięciowa) instalacji i urządzeń elektrycznych w IV kategorii przepięciowej, wg PN-93/E-05009/443 [142] (ochrona podstawowa)	<ul style="list-style-type: none"> – złącze – rozdzielnica główna budynku o przeznaczeniu nieprzemysłowym – rozdzielnice przemysłowe (rys. 10.13, 10.14, 10.16) 	< 4 kV	100 kA kształt 10/350 μ s
C II	ochrona przeciwprzepięciowa instalacji urządzeń elektrycznych w III kategorii przepięciowej, wg [142] (ochrona podstawowa)	<ul style="list-style-type: none"> – złącze, jeżeli nie stosuje się ograniczników klasy B – rozdzielnica główna – rozdzielnice na piętrach budynku (rys. 10.9, 10.13, 10.14) 	$< 1,5 \div 2,5$ kV	$5 \div 15$ kA kształt 8/20 μ s
D III	ochrona przeciwprzepięciowa urządzeń w II kategorii przepięciowej, wg [142] (ochrona precyzyjna)	<ul style="list-style-type: none"> – puszki instalacyjne, gniazda wtyczkowe, przedłużacze (rys. 10.16, 10.17) 	$< 1 \div 1,5$ kV	$1,5 \div 5$ kA kształt 8/20 μ s

Źródła:

[1] Henryk Markiewicz - *Instalacje elektryczne*