

Przewodnik Bezpieczne Maszyny

BEZPIECZNA MASZYNA W SZEŚCIU KROKACH

SICK
Sensor Intelligence.

Bezpieczna maszyna w sześciu krokach





Bezpieczne maszyny stanowią podstawę bezpieczeństwa prawnego dla producenta i użytkownika. Użytkownicy maszyn spodziewają się, że oferowane są tylko bezpieczne maszyny i urządzenia. To oczekiwanie występuje na całym świecie. W związku z tym na całym świecie istnieją uregulowania dotyczące ochrony użytkownika maszyn. Posiadają one różne zakresy w zależności od regionu. Istnieje jednak szeroko zakrojona zgoda dotycząca procedur stosowanych przy budowie i doposażaniu maszyn:

Producent maszyn musi przy ich budowie rozpoznać i ocenić – w procesie oceny ryzyka (określonym dawniej także mianem analizy zagrożeń) – wszystkie możliwe zagrożenia i niebezpieczne miejsca.

Odpowiednio do uzyskanej oceny ryzyka producent maszyny musi zlikwidować lub zmniejszyć ryzyko za pomocą odpowiednich środków. Jeśli ryzyka nie da się zlikwidować za pomocą odpowiednich środków konstrukcyjnych lub pozostałe ryzyko nie mieści się w granicach tolerancji, producent maszyny musi wybrać i zastosować odpowiednie osłony i urządzenia ochronne, a w razie potrzeby poinformować o ryzyku resztkowym.

W celu stwierdzenia, czy przewidziane środki działają prawidłowo, konieczne jest wykonanie walidacji całościowej. W procesie walidacji całościowej należy ocenić zarówno środki konstrukcyjne i techniczne, jak i związane z nimi środki organizacyjne.

W sześciu krokach poprowadzimy Państwa do bezpiecznej maszyny. Po lewej stronie przedstawiony jest sposób postępowania.

O tym podręczniku

Co zawiera ten podręcznik?

Przed Państwem znajduje się obszerny podręcznik, obejmujący podstawy prawne dotyczące maszyn oraz wybór i stosowanie osłon i urządzeń ochronnych. Przy uwzględnieniu obowiązujących dyrektyw, przepisów i norm europejskich przedstawiamy Państwu różne możliwości zabezpieczania maszyn i ochrony ludzi przed wypadkami. Podane tutaj przykłady i wypowiedzi są wynikiem naszych wieloletnich doświadczeń praktycznych — należy je traktować jako typowe zastosowania.

W podręczniku opisano wymogi prawne dotyczące maszyn we Wspólnocie Europejskiej oraz ich spełnienie w praktyce. Wymogi prawne dotyczące maszyn obowiązujące dla innych regionów (np. Ameryka Północna, Azja) przedstawione są w odpowiednich wersjach podręcznika.

Na podstawie przedstawionych poniżej informacji nie można wysuwać żadnych roszczeń, niezależnie od przyczyny prawnej, ponieważ na tle przepisów i norm krajowych i międzynarodowych każda maszyna wymaga specyficznego rozwiązania.

Odsyłamy do aktualnych i opublikowanych norm obowiązujących w chwili redagowania niniejszego podręcznika. Jeżeli w przypadku nowych norm możliwe jest stosowanie w okresie przejściowym także poprzednich norm, zostało to zaznaczone w odpowiednich rozdziałach podręcznika.

Dla kogo jest przeznaczony ten podręcznik?

Podręcznik jest przeznaczony dla producentów, użytkowników, konstruktorów, projektantów, a także dla wszystkich osób odpowiedzialnych za bezpieczeństwo maszyn. (Aby ułatwić czytanie, w dalszej części podręcznika stosujemy przeważnie męskie określenia).

Zespół redakcyjny



Od lewej do prawej: Max Dietrich, Rolf Schumacher, Doris Lilienthal, Harald Schmidt, Hans-Jörg Stubenrauch, Otto Görnemann, Matthias Kurrus (nie znajduje się na zdjęciu)

→ Odsyłacze do innych norm i pomocy oznaczono w dalszej części podręcznika niebieską strzałką.

Bezpieczeństwo w procesie pracy

Wymagania dotyczące zabezpieczenia maszyn coraz bardziej zmieniały się wraz z postępującą automatyką. Dawniej zabezpieczenia procesu pracy raczej przeszkadzały, w związku z tym często całkowicie z nich rezygnowano.

Dzięki innowacyjnej technice można obecnie zintegrować osłony i urządzenia ochronne w procesie pracy. Tym samym nie stanowią one już przeszkody dla operatora, a często wspomagają nawet produktywność.

Z tego powodu nie da się obecnie zrezygnować z niezawodnych i zintegrowanych w procesie pracy osłon i urządzeń ochronnych.



Bezpieczeństwo jest podstawową potrzebą

Bezpieczeństwo jest podstawową potrzebą człowieka. Z badań wynika, że osoby stale narażone na sytuacje stresowe są bardziej podatne na schorzenia psychosomatyczne. Człowiek jest w stanie przez długi czas działać w sytuacjach ekstremalnych, jednak powoduje to duże obciążenie indywidualne. Wynika z tego następujący cel: **operatorzy i pracownicy zajmujący się konserwacją muszą mieć pewność, że maszyna jest bezpieczna!**

Często panuje jednak pogląd, że wyższy poziom bezpieczeństwa prowadzi do obniżenia produktywności – nic bardziej błędnego.

Wyższy poziom bezpieczeństwa zwiększa motywację i załatwienie, a w konsekwencji prowadzi do podniesienia produktywności.

Bezpieczeństwo jest zadaniem kadry kierowniczej

Osoby podejmujące decyzje w przemyśle ponoszą odpowiedzialność za swoich pracowników, a także za ekonomiczną i bezzagłębieniową produkcję. Tylko wtedy, gdy kadra kierownicza uwzględnia problem bezpieczeństwa w codziennej pracy, pracownicy nie będą ignorować tego zagadnienia.

W tym celu eksperci proponują stworzenie szeroko pojętej „kultury bezpieczeństwa” w przedsiębiorstwie. Nie bez powodu – w końcu dziewięć na dziesięć wypadków zdarza się w wyniku nieprawidłowego zachowania się ludzi.

Uwzględnienie pracowników prowadzi do akceptacji

Bardzo ważne jest uwzględnienie podczas planowania koncepcji także potrzeb operatorów i pracowników zajmujących się konserwacją. Tylko inteligentna, zorientowana na proces pracy i personel koncepcja bezpieczeństwa prowadzi do niezbędnej akceptacji.

Niezbędna jest wiedza ekspercka

Bezpieczeństwo ludzi zależy w dużej mierze od prawidłowego stosowania dyrektyw i norm. Krajowe przepisy prawa w państwach Europy zostały ujednolicone poprzez zastosowanie dyrektyw europejskich, np. dyrektywy maszynowej.

Dyrektyny te opisują wymagania ogólne, które są skonkretyzowane w normach. Normy europejskie są często akceptowane także poza Europą.

Spełnienie wszystkich tego typu wymagań w praktyce wymaga obszernej wiedzy eksperckiej, znajomości zastosowań i wieloletniego doświadczenia.

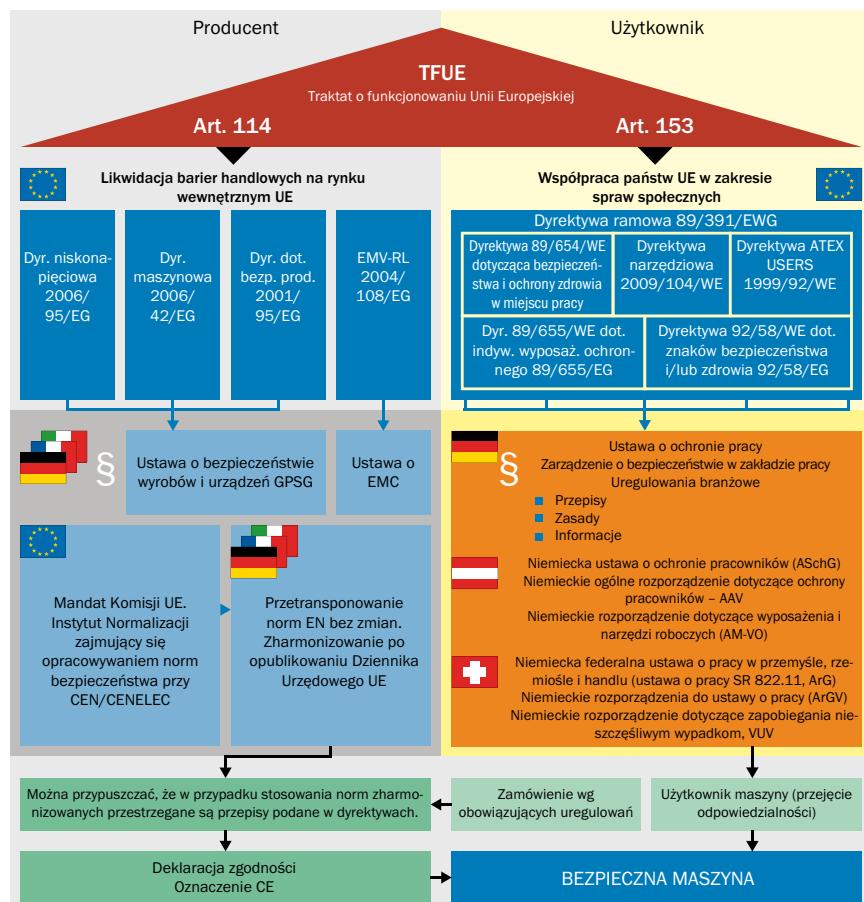
Dyrektywy europejskie

Jednym z podstawowych zamysłów Wspólnoty Europejskiej jest ochrona zdrowia obywateli, zarówno w życiu prywatnym, jak i zawodowym. Drugim podstawowym zadaniem jest stworzenie wspólnego rynku ze swobodnym przepływem towarów.

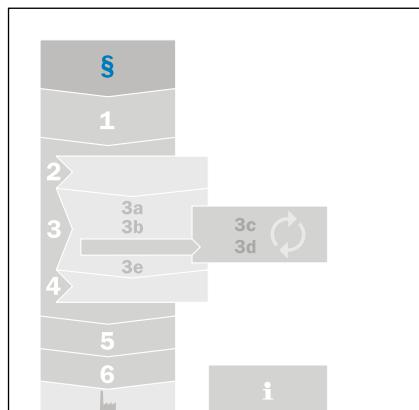
Aby móc równocześnie realizować cel swobodnego przepływu towarów i ochrony obywateli, Komisja Europejska, względnie Rada Unii Europejskiej, wydała różnego rodzaju dyrektywy, które muszą być przetransponowane przez kraje członkowskie do prawa krajowego.

W dyrektywach zdefiniowane są podstawowe cele i wymagania; dyrektywy mają w miarę możliwości charakter neutralny technologicznie. W dziedzinie bezpieczeństwa maszyn i ochrony pracy zostały wydane następujące dyrektywy:

- dyrektywa maszynowa, skierowana do producentów maszyn;
- dyrektywa dotycząca użytkowania sprzętu roboczego, skierowana do użytkowników maszyn;
- dodatkowe dyrektywy, np. dyrektywa niskonapięciowa, dyrektywa w sprawie kompatybilności elektromagnetycznej, dyrektywa ATEX.



→ Dyrektywy są bezpłatnie dostępne dla każdego, np. pod adresem eur-lex.europa.eu



§

Dyrektwy i normy europejskie obowiązują producentów i dystrybutorów, którzy wprowadzają maszyny do obrotu handlowego w Europejskim Obszarze Gospodarczym.

Dyrektyna maszynowa

Dyrektyna maszynowa 2006/42/WE jest skierowana do producentów i dystrybutorów maszyn i elementów bezpieczeństwa. Określa zadania prowadzące do spełnienia wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa dla nowych maszyn w celu zlikwidowania barier w handlu w obrębie Europy oraz gwarantowania użytkownikom i operatorom wysokiego poziomu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia.

Dyrektyna ta dotyczy produkcji maszyn oraz pojedynczo wprowadzanych do obrotu handlowego elementów bezpieczeństwa, a także używanych maszyn i urządzeń z krajów trzecich, które są po raz pierwszy wprowadzane do obrotu handlowego w Europejskim Obszarze Gospodarczym (np. z USA lub Japonii).

- W 1989 r. Rada Unii Europejskiej wydała dyrektywę w sprawie ujednolicenia przepisów prawnych państw członkowskich dotyczących maszyn, która jest znana jako dyrektywa maszynowa (89/392/EWG).
- W 1995 r. dyrektywa musiała zostać zastosowana we wszystkich krajach członkowskich Wspólnoty Europejskiej.
- W 1998 r. zostały zebrane i skonsolidowane wszystkie zmiany w obecnie obowiązującej dyrektywie maszynowej (98/37/WE).
- W 2006 r. została wydana „Nowa dyrektywa maszynowa” (2006/42/WE), która zastępuje poprzednią wersję, a której stosowanie jest wymagane we wszystkich krajach członkowskich WE od 29.12.2009 roku.

Od dnia 29.12.2009 należy stosować wyłącznie nową dyrektywę maszynową 2006/42/WE!

Dyrektyna maszynowa została przetransponowana do prawa krajowego w następujący sposób:

- Niemcy: dziewiąte rozporządzenie (rozporządzenie w sprawie maszyn/9. ProdV) do ustawy o bezpieczeństwie wyrobów i urządzeń (ProdSG) z 8.11.2011
- Szwajcaria: federalna ustanowiona o bezpieczeństwie wyrobów i urządzeń (PrSG) z 12 czerwca 2009 r. i rozporządzenie w sprawie bezpieczeństwa maszyn (rozporządzenie dotyczące maszyn) z 2 kwietnia 2008 r.
- Austria: federalna ustanowiona o ochronie przed produktami niebezpiecznymi (ustawa o bezpieczeństwie wyrobów i urządzeń z 2004 r. [PSG 2004]) oraz rozporządzenie dotyczące bezpieczeństwa maszyn z 2010 r.

Państwa członkowskie nie mogą zabraniać, ograniczać ani utrudniać wprowadzania do obrotu handlowego oraz uruchamiania maszyn i elementów bezpieczeństwa, które są zgodne z dyrektywą maszynową. Z uwagi na to nie wolno im również stawiać wyższych wymagań w zakresie właściwości maszyn i elementów bezpieczeństwa za pośrednictwem ustaw, rozporządzeń i norm krajowych.

Dyrektywa dotycząca użytkowania sprzętu roboczego

Jest to dyrektywa, które reguluje obowiązki pracodawcy. Dotyczy ona użytkowania maszyn i urządzeń w miejscu pracy. Jej założeniem jest zapewnienie przestrzegania minimalnych przepisów podczas stosowania sprzętu roboczego w celu poprawy bezpieczeństwa i zwiększenia ochrony zdrowia. Każdy kraj członkowski może dodać swoje własne wymagania krajowe: na przykład w zakresie kontroli sprzętu roboczego, serwisu i terminów konserwacji, stosowania środków ochrony indywidualnej, urządzania miejsca pracy itp. Wymagania dyrektywy dotyczącej użytkowania sprzętu roboczego, a także krajowe wymagania i przepisy, są zebrane w prawie krajowym.



- Niemcy: ustanowiono o bezpieczeństwie pracy (ArbSchGes), zarządzenie o bezpieczeństwie w zakładzie pracy (BetrSichV)
 - Szwajcaria: ustanowiono krajowa dotycząca pracy w przemyśle, gospodarce i handlu (SR 822.11, ArG)
 - Austria: ustanowiono o ochronie pracowników (ASchG)
- Dyrektywa dotycząca użytkowania sprzętu roboczego 2009/104/WE: eur-lex.europa.eu

Jakie są obowiązki producenta maszyn?

Zaprojektowanie bezpiecznych maszyn

Producenci mają obowiązek budowania swoich maszyn w taki sposób, aby spełniały podstawowe wymagania dyrektywy maszynowej w zakresie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia. Producenci muszą uwzględnić integrację bezpieczeństwa już na etapie procesu konstrukcji. W praktyce oznacza to, że konstruktor maszyny musi dokonać oceny ryzyka już w fazie projektowania urządzenia. Opracowane na tej podstawie środki muszą zostać wprowadzone bezpośrednio do konstrukcji. Kroki od 1 do 5 niniejszego podręcznika opisują szczegółowy sposób postępowania.

Sporządzenie dokumentacji technicznej

Producent maszyny musi sporządzić dokumentację techniczną zgodnie z załącznikiem VII dyrektywy maszynowej. Dokumentacja techniczna ...

- powinna obejmować wszystkie plany, obliczenia, protokoły z kontroli i dokumenty, które mają istotne znaczenie dla spełnienia wymagań dyrektywy maszynowej w zakresie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia;

Sporządzenie instrukcji obsługi

Producent maszyny musi sporządzić instrukcję obsługi – tak zwaną „oryginalną instrukcję obsługi”. Wraz z każdą maszyną należy dostarczyć instrukcję obsługi sporządzoną w języku urzędowym kraju, w którym będzie użytkowana maszyna. Dostarczona wraz z maszyną instrukcja obsługi musi być oryginalną instrukcją obsługi lub tłumaczeniem oryginalnej instrukcji obsługi. W tym ostatnim przypadku należy dodatkowo dołączyć instrukcję oryginalną. Oryginalne instrukcje obsługi to – niezależnie od języka – wszystkie instrukcje obsługi publikowane przez producenta maszyny.

- musi być przechowywana przez co najmniej 10 lat od ostatniego dnia produkcji maszyny (lub danego typu maszyny);
- musi być przedłożona na żądanie uprawnionych władz.

Informacja: z dyrektywy maszynowej nie wynika obowiązek producenta do wydania pełnej dokumentacji technicznej nabywcy (użytkownikowi) maszyny.

§

Wystawienie deklaracji zgodności

Po zbudowaniu maszyny jej producent musi w sposób wiążący prawnie potwierdzić zgodność z odpowiednimi przepisami przez wystawienie deklaracji zgodności i oznakowanie maszyny (oznaczenie CE). Następnie można wprowadzić maszynę do obrotu handlowego w Europejskim Obszarze Gospodarczym.

W dyrektywie maszynowej znajduje się objaśnienie pełnego przebiegu procedury oceny zgodności. Rozróżnia się dwie procedury dla maszyn (→ „Procedura oceny zgodności WE dla maszyn i elementów bezpieczeństwa” → §-6)

- Procedura standardowa: maszyny, które nie zostały wyraźnie wymienione w załączniku IV dyrektywy maszynowej, podlegają procedurze standardowej. Muszą być spełnione wymagania opisane w rozdziale „Zasadnicze wymagania w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa” w załączniku I dyrektywy maszynowej. Następnie producent umieszcza na własną odpowiedzialność oznaczenie CE, bez włączania w to jednostki badawczej lub władz („certyfikacja własna”). Wcześniej musi jednak sporządzić dokumentację techniczną maszyny, aby móc przedłożyć ją na żądanie władz krajowych.
- Procedura dla maszyn, które są wymienione w załączniku IV: maszyny stanowiące duże zagrożenie podlegają specjalnym procesom. Załącznik IV dyrektywy maszynowej zawiera listę odpowiednich maszyn i elementów bezpieczeństwa, do których należy także elektroczułe wyposażenie ochronne, takie jak fotoprzekaźniki bezpieczeństwa i laserowe skanery laserowe. W pierwszej kolejności muszą być spełnione wymagania opisane w rozdziale „Zasadnicze wymagania w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa” w załączniku I dyrektywy maszynowej. Jeśli dla maszyn lub elementów bezpieczeństwa istnieją normy zharmonizowane obejmujące cały zakres wymagań, to świadectwo zgodności można uzyskać na trzy sposoby:
 - certyfikacja własna
 - badanie typu WE przez notyfikowaną jednostkę certyfikującą
 - zastosowanie sprawdzonego i pełnego systemu zapewnienia jakości.



Jeśli dla danych maszyn nie istnieją zharmonizowane normy, ewentualnie gdy maszyna lub jej części nie zostały zbudowane zgodnie ze zharmonizowanymi normami, wówczas świadectwo zgodności można uzyskać jedynie w następujący sposób:

- Badanie typu WE przez notyfikowaną jednostkę certyfikującą: w przypadku badania wykonywanego przez notyfikowaną jednostkę certyfikującą producent musi udostępnić swoją maszynę i przynależną do niej dokumentację techniczną, aby poprzez „badanie typu WE” można było stwierdzić, czy maszyna spełnia podstawowe wymagania w zakresie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia. Notyfikowana jednostka certyfikująca sprawdza zgodność z dyrektywami i wydaje certyfikat badania typu WE, w którym przedstawione są wyniki badań.

Oznakowanie maszyny oznaczeniem CE

Po spełnieniu wszystkich warunków należy oznakować maszynę oznaczeniem CE.

Uwaga! Oznaczenie CE można umieścić na maszynie tylko wtedy, gdy spełnia ona wszystkie odnoszące się do niej dyrektywy europejskie. (Tylko wtedy można wprowadzić produkt do obrotu handlowego w Europejskim Obszarze Gospodarczym).

Przypadek specjalny: maszyna nieukończona

W wielu przypadkach produkowane i dostarczane są części maszyn, podzespoły lub elementy składowe maszyn, które są bliskie definicji maszyny, ale w świetle dyrektywy maszynowej nie mogą być traktowane jako kompletna maszyna. W dyrektywie maszynowej zdefiniowano „maszynę nieukończoną” jako zespół, który jest prawie maszyną, ale nie może samodzielnie służyć do konkretnego zastosowania. Maszyną nieukończoną jest na przykład pojedynczy robot przemysłowy. Przeznaczeniem maszyny nieukończonej jestłączenie do innej maszyny lub połączenie z inną maszyną nieukońzoną bądź wyposażeniem w celu stworzenia maszyny w rozumieniu dyrektywy maszynowej.

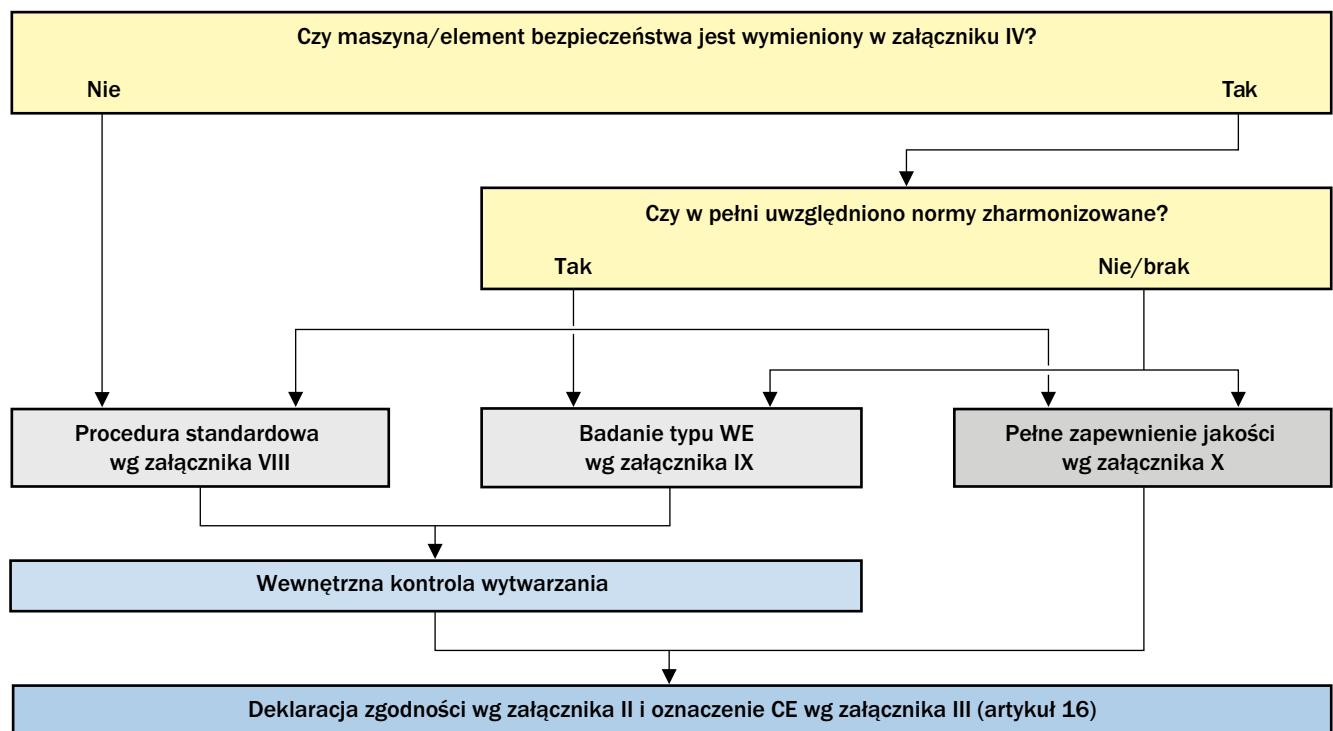
- Zastosowanie sprawdzonego i pełnego systemu zapewnienia jakości: pełny system zapewnienia jakości musi gwarantować zgodność z wymaganiami dyrektywy maszynowej i być sprawdzony przez notyfikowaną jednostkę certyfikującą. Za skuteczny i prawidłowy system zapewnienia jakości odpowiada przede wszystkim producent. Patrz także załącznik X dyrektywy maszynowej.

Maszyny nieukończone nie mogą spełniać wszystkich wymagań dyrektywy maszynowej. Dyrektywa maszynowa reguluje ponadto ich swobodny obrót przy zastosowaniu specjalnej procedury:

- Producent musi spełnić wszystkie możliwe do spełnienia w rozsądny sposób zasadnicze wymagania dyrektywy maszynowej w zakresie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia.
- Producent musi wystawić deklaracjęłączenia. Zawiera ona podstawowe wymagania dyrektywy, które znajdują zastosowanie i są spełnione. Podobnie jak w przypadku maszyny należy sporządzić i przechowywać odpowiednią dokumentację techniczną.
- Zamiast instrukcji eksploatacji producent musi sporządzić instrukcję montażu, którą ma obowiązek dołączyć do każdej „nieukończonej” maszyny. Język, w którym sporządzona jest instrukcja montażu, może zostać uzgodniony pomiędzy producentem a użytkownikiem (integratorem).

→ Patrz także rozdział „Jednostki badawcze, ubezpieczenia i władze” → §-12

Procedura oceny zgodności WE dla maszyn i elementów bezpieczeństwa



Podsumowanie: ustawy, dyrektyny

Jako producenta maszyn obowiązuje Państwa między innymi dyrektywa maszynowa:

- Należy spełnić zasadnicze wymagania w zakresie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia zamieszczone w dyrektywie maszynowej.
- Zaplanować integrację bezpieczeństwa już na etapie procesu konstrukcji.
- W przypadku deklaracji zgodności zastosować procedurę standardową lub procedurę dla maszyn opisaną w załączniku IV dyrektywy maszynowej.
- Przygotować dokumentację techniczną maszyny, a w szczególności wszystkie istotne dla bezpieczeństwa dokumenty dotyczące konstrukcji.
- Dostarczyć instrukcję eksploatacji sporządzoną w języku urzędowym kraju, w którym będzie użytkowana maszyna. Należy również dostarczyć wersję oryginalną.
- Wypełnić deklarację zgodności i oznakować maszynę lub element bezpieczeństwa oznaczeniem CE.

Jako użytkownika maszyny obowiązuje Państwa dyrektywa dotycząca użytkowania sprzętu roboczego:

- Należy przestrzegać wymagań zawartych w dyrektywie dotyczącej użytkowania sprzętu roboczego.
- Zasięgnąć informacji, czy istnieją inne wymagania krajowe (np. kontrola sprzętu roboczego, terminy serwisowania i konserwacji itp.) i spełnić je.

Normy

Prezentowany podręcznik zasadniczo zawiera odniesienia do norm międzynarodowych (ISO-IEC). Przegląd ważnych norm można znaleźć w załączniku. Przegląd ten zawiera też porównanie podanych norm międzynarodowych (ISO/IEC) z normami regionalnymi (EN) lub krajowymi, zgodnie z regionalnym zakresem obowiązywania niniejszego podręcznika.

Normy to uzgodnienia, które zostały zawarte pomiędzy różnymi zainteresowanymi organizacjami (producenti, konsumenci, jednostki badawcze, urzędy ochrony pracy i rządy). Wbrew po-wszechnie opini normy nie są tworzone ani ustanawiane przez rządy lub władze. W normach opisano stan techniki w czasie ich tworzenia. W ciągu ostatniego stulecia normy krajowe rozwinięły się i przekształciły w standardy obowiązujące na całym świecie.

Na stronie i-6 i nn. załącznika i znajduje się przegląd odpowiadnych norm międzynarodowych i lokalnych.



Organizacje i struktury normalizacji światowej

ISO (International Standardization Organisation, Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna)

ISO jest światową siecią złożoną z organizacji normalizacyjnych pochodzących z 157 państw. ISO opracowuje i publikuje międzynarodowe standardy ze szczególnym uwzględnieniem technologii niewielkiej.



IEC (International Electrotechnical Commission, Międzynarodowa Komisja Elektrotechniczna)

Międzynarodowa Komisja Elektrotechniczna (IEC) jest globalną organizacją, która zajmuje się opracowaniem i publikowaniem międzynarodowych standardów w dziedzinie elektrotechniki (np. elektroniki, telekomunikacji, kompatybilności elektromagnetycznej, wytwarzania energii) i technologii pokrewnych.



Różne typy norm

Rozróżnia się trzy typy norm:

Normy A

(Podstawowe normy dotyczące bezpieczeństwa) zawierają podstawowe terminy, zasady projektowania oraz aspekty ogólne, mające zastosowanie dla wszystkich maszyn.

Normy B

(Grupowe normy bezpieczeństwa) dotyczą określonego aspektu bezpieczeństwa lub określonego rodzaju urządzeń służących bezpieczeństwu, które mogą być zastosowane w wielu różnych maszynach. Normy B można podzielić na:

- normy B1 dotyczące specjalnych aspektów bezpieczeństwa, np. bezpieczeństwa elektrycznego maszyn, obliczania odległości bezpieczeństwa, wymagań w odniesieniu do systemów sterowania
- normy B2 dotyczące urządzeń służących bezpieczeństwu, np. urządzeń sterowania oburęcznego, osłon i elektroczulego wyposażenia ochronnego

Normy C

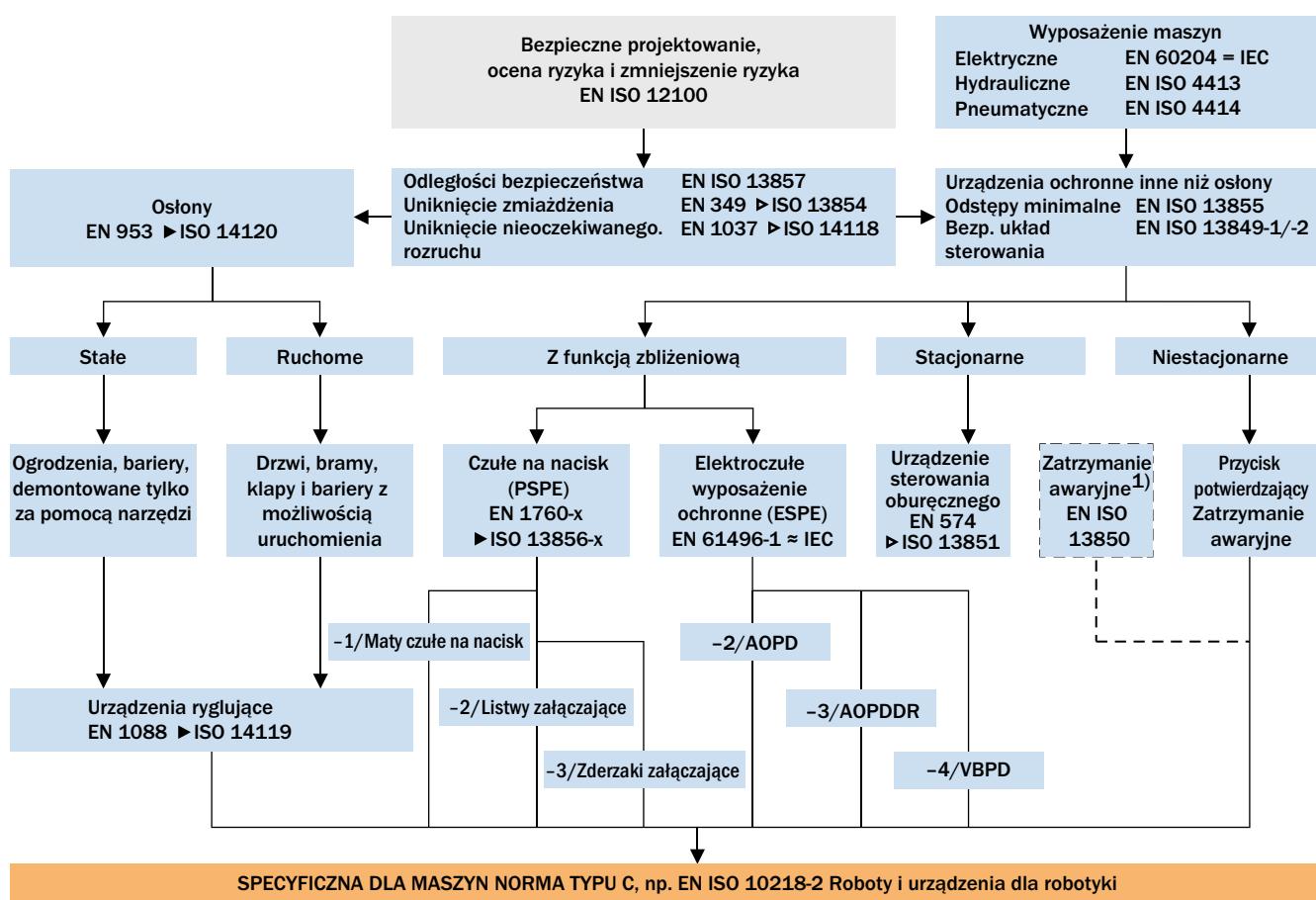
Normy C zawierają wszystkie wymagania dotyczące bezpieczeństwa określonej maszyny lub typu maszyny. Jeśli taka norma istnieje, jest ona ważniejsza niż norma A lub B. Mimo to norma C może odnosić się do normy A lub B. W każdym przypadku muszą być spełnione wymagania dyrektywy maszynowej.

Obecnie wiele norm A i B, a także ważne normy C, podlega ponownemu opracowaniu. Powoduje to zmianę numeracji w konwencji norm EN ISO. Z reguły istnieją jednak okresy przejściowe. W związku z tym faktyczne zastosowanie normy, która obecnie podlega ponownemu opracowaniu, może nastąpić dopiero po pięciu, a nawet sześciu latach.

→ Lista ważnych norm znajduje się w załączniku, w ustępie „Przegląd ważnych norm” → i-6

Przegląd urządzeń ochronnych
i odpowiednich norm

§



1) Zatrzymanie awaryjne jest środkiem bezpieczeństwa, a nie urządzeniem ochronnym!

► Norma EN jest obecnie opracowywana i zostanie wydana jako norma EN-ISO.

▶ Norma EN zostanie opracowana w przyszłości i wydana jako norma EN-ISO.

AOPD Aktywne optoelektroniczne urządzenie ochronne

AOPDDR Aktywne optoelektroniczne urządzenie ochronne reagujące na rozproszone promieniowanie odbite

VBPD Wizjone urządzenia ochronne

Normy typu A

Normy typu B

Normy typu C

Organizacje i struktury normalizacji europejskiej

CEN (Comité Européen de Normalisation/ Europejski Komitet Normalizacyjny)

CEN jest grupą organizacji normalizacyjnych z państw członkowskich UE, krajów EFTA oraz przyszłych państw członkowskich UE. CEN tworzy normy europejskie (EN) w dziedzinach niesielektrycznych. CEN ściśle współpracuje z ISO w celu uniknięcia sytuacji, w której normy mogłyby stanowić przeszkodę w handlu. Przy zastosowaniu procedury głosowania, CEN decyduje o przyjęciu norm ISO i publikuje je jako normy europejskie.



CENELEC (Comité Européen de Normalisation Electrotechnique/Europejski Komitet Normalizacyjny Elektrotechniki)

CENELEC jest instytucją porównywalną do CEN, działającą na polu elektrotechniki, która opracowuje i publikuje normy europejskie (EN) w tej dziedzinie. CENELEC, podobnie jak w przypadku CEN i ISO, przejmuje w przeważającej mierze normy IEC oraz ich numerację.



Organizacje i struktury normalizacji krajowej

Z reguły każdy kraj członkowski UE posiada własną organizację normalizacyjną, taką jak np. DIN, ON, BSI, AFNOR czy PKN. Organizacje te zajmują się opracowaniem i publikowaniem norm krajowych na podstawie przepisów prawnych odpowiednich państw członkowskich. W celu zapewnienia bezpieczeństwa i ochrony zdrowia w Unii Europejskiej oraz likwidacji barier w handlu, normy europejskie są przejmowane przez krajowe organizacje normalizacyjne.

W przypadku norm krajowych i europejskich obowiązują następujące zasady:

- Jeśli dla przejętych norm europejskich istnieją takie same normy krajowe, to należy je wycofać.
- Jeśli dla pewnych aspektów lub maszyn nie istnieją możliwe do zastosowania normy europejskie, wolno stosować istniejące normy krajowe.
- Krajowa organizacja normalizacyjna może opracować nową normę krajową dopiero po zgłoszeniu takiego zamiaru oraz jeśli nie istnieje zainteresowanie na poziomie europejskim (np. w CEN lub CENELEC).

§

Normy europejskie dotyczące bezpieczeństwa maszyn

Aby umożliwić jednolite przełożenie w praktyce celów i wymagań zdefiniowanych w dyrektywach europejskich, normy techniczne powinny szczegółowo opisywać i konkretyzować tego typu wymagania.

Normy konkretyzujące wymagania europejskich dyrektyw w taki sposób, że przestrzeganie tych norm pozwala zakładając zgodność z dyrektywami, uznać się za normy zharmonizowane. Stan norm jest wskazywany za pomocą różnego rodzaju skrótów:

- Norma z prefiksem „EN” jest uznawana i stosowana we wszystkich krajach UE.
- Norma z prefiksem „prEN” jest obecnie w opracowaniu.
- Dokument zawierający dodatkowy prefiks „TS” jest specyfikacją techniczną i służy jako projekt normy. Rozróżnia się projekty CLC/TS lub CEN/TS.
- Dokument zawierający dodatkowy prefiks „TR” jest raportem o stanie techniki.

Zharmonizowana norma europejska powstaje w opisany niżej sposób:

1. Komisja UE, jako organ wykonawczy UE, udziela CEN lub CENELEC mandatu w celu opracowania normy europejskiej, która konkretyzuje wymagania dyrektywy.
2. Opracowanie to odbywa się w gremiumach międzynarodowych, w których określa się specyfikacje techniczne, pozwalające na spełnienie istotnych wymagań dyrektyw(-y) w zakresie bezpieczeństwa.
3. Po przyjęciu normy poprzez głosowanie następuje jej opublikowanie w Dzienniku Urzędowym UE. Dodatkowo norma musi zostać opublikowana w co najmniej jednym państwie członkowskim (np. jako DIN EN). Od tej pory obowiązuje ona jako zharmonizowana norma europejska.

- Zharmonizowana norma europejska służy jako punkt odniesienia i zastępuje wszystkie normy krajowe dotyczące danego tematu.
- Zgodność elementu bezpieczeństwa lub maszyny ze stosowanymi normami zharmonizowanymi potwierdza przypuszczenie, że istnieje zgodność z zasadniczymi wymaganiami w zakresie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia, określonymi w dyrektywach, np. w dyrektywie maszynowej (domniemanie zgodności).

→ Informacje dotyczące normalizacji: www.normapme.com

→ Wykaz norm posiadających domniemanie zgodności dla dyrektyw można znaleźć pod adresem ec.europa.eu

- Dyrektywa maszynowa nie wymaga stosowania norm, niezależnie od tego, czy są zharmonizowane, czy nie. Stosowanie norm zharmonizowanych uzasadnia jednak tak zwane „domniemanie zgodności”, że maszyna spełnia wymagania dyrektywy maszynowej.
- Jeśli dla danego typu maszyny istnieje norma C, to jest ona ważniejsza od wszystkich innych norm A i B oraz informacji podanych w tym podręczniku. W takim przypadku tylko zastosowana norma C stanowi podstawę domniemania zgodności w celu spełnienia wymogów dyrektywy maszynowej.

Podsumowanie: normy

- Normy techniczne konkretyzują cele zdefiniowane w dyrektywach europejskich.
- Stosowanie norm zharmonizowanych uzasadnia tak zwane „domniemanie zgodności”, czyli przypuszczenie, że maszyna spełnia przepisy dyrektywy. Oznacza to, że w sytuacji, gdy dla maszyny lub urządzenia wybiorą Państwo i zastosują właściwe normy, można zakładać, że zostały spełnione wymagania ustawowe. W pojedynczych przypadkach obowiązki producenta mogą wykracać poza treść tych norm, jeśli np. dana norma nie jest już zgodna z obecnym stanem techniki.
- Istnieją normy A (podstawowe normy dotyczące bezpieczeństwa), normy B (grupowe normy bezpieczeństwa) oraz normy C (normy dotyczące bezpieczeństwa maszyn). Jeśli istnieje norma C, jest ona ważniejsza niż norma A lub B.

Jednostki badawcze, ubezpieczenia i władze

Jednostki badawcze

Jednostki badawcze zajmujące się doradztwem w zakresie bezpieczeństwa

Firmy, które chcą wiedzieć, czy ich maszyny są zgodne z aktualnie obowiązującymi dyrektywami i normami europejskimi, mogą zasięgnąć w jednostkach certyfikujących informacji dotyczących bezpieczeństwa technicznego.

Akredytowane jednostki badawcze

Akredytowane jednostki badawcze to instytucje certyfikujące, potwierdzające zgodność z procedurami i kryteriami kontroli uznanych instytucji krajowych. Są to m. in. branżowe jednostki badawcze i zakłady ubezpieczeń od następstw nieszczęśliwych wypadków, które z reguły dysponują bardzo kompetentnymi, specjalistycznymi jednostkami badawczymi.

Ubezpieczenia

Instytucje branżowe/IFA – Instytut Ochrony Pracy Niemieckiego Ustawowego ubezpieczenia od Następstw Nieszczęśliwych Wypadków

W Niemczech ustawowy obowiązek ubezpieczenia od następstw nieszczęśliwych wypadków przejmują na siebie instytucje branżowe i inne podmioty. Instytucje branżowe skupiają się w związkach branżowych, co pozwala im na lepsze spełnianie specyficznych wymagań w poszczególnych dziedzinach gospodarki.

Nadzór rynku – władze

W krajach UE i EFTA ochrona pracy i nadzór rynku są w zakresie kompetencji władz krajowych.

- W Niemczech są to państwowe urzędy ochrony pracy w poszczególnych krajach związkowych.
- Austria posiada szereg inspektoratów ochrony pracy. Do każdego z nich mogą zwracać się producenci maszyn w celu uzyskania fachowych porad w przypadku pytań związanych z bezpieczeństwem maszyn i pracy.

Jednostki notyfikowane

Każdy kraj członkowski WE jest zobowiązany do wyznaczenia jednostek certyfikujących zgodnie z minimalnymi wymaganiami określonymi w dyrektywie maszynowej i zgłoszenia ich Komisji Europejskiej w Brukseli.

Tylko te jednostki badawcze są uprawnione do wykonywania badań typu WE i wydawania certyfikatów badania typu WE dla maszyn i elementów bezpieczeństwa, podanych w załączniku IV dyrektywy maszynowej. Nie każda notyfikowana jednostka certyfikująca może badać każdy rodzaj produktu lub maszyny. Wiele jednostek certyfikujących posiada notyfikację tylko dla specjalnych zakresów działań.

Towarzystwa ubezpieczeniowe

Wiele towarzystw ubezpieczeniowych posiada placówki doradcze, oferujące kompletnie doradztwo fachowe, szczególnie w zakresie unikania ryzyka związanego z odpowiedzialnością, wynikającego z nieznajomości lub nieprzestrzegania ustawowych wymagań.

- W Szwajcarii za nadzór rynku odpowiada Państwowy Sekretariat ds. Ekonomicznych (SECO). Sprawami wykonawczymi zajmuje się Szwajcarski Zakład Ubezpieczeń Wypadkowych (Schweizerische Unfallversicherungsanstalt, Suva), wyróżniający się też wysokimi kompetencjami technicznymi.

→ Wykaz ważnych adresów znajduje się w załączniku w rozdziale „Przydatne linki” → i-8.

Podstawy odpowiedzialności za produkt niebezpieczny

Termin **odpowiedzialność za produkt niebezpieczny** jest często stosowany jako termin obejmujący każdy typ odpowiedzialności producenta lub sprzedawcy za określony produkt (w tym odpowiedzialność za wady fizyczne rzeczy oraz za szkody spowodowane przez produkt). W ocenie prawnej istnieją jednak wyraźne różnice uzależnione od rodzaju szkody lub jej spowodowania. W pierwszej kolejności należy rozróżnić między odpowiedzialnością za wady fizyczne rzeczy i odpowiedzialnością za produkt niebezpieczny w szerszym znaczeniu.

Odpowiedzialność za wady fizyczne rzeczy (również prawo rękojmi) należy rozumieć jako odpowiedzialność za wady samego produktu. Rozczenia z tytułu odpowiedzialności za wady fizyczne rzeczy mogą być wnoszone tylko wobec stron umowy, a nie wobec osób trzecich.

Warunki

W § 1 niemieckiej ustawy o odpowiedzialności za produkt niebezpieczny ProdHaftG odpowiedzialność producenta została uregulowana w następujący sposób:

„Jeśli wada produktu spowoduje śmierć, uszkodzenie ciała lub uszczerbek na zdrowiu osoby bądź szkoda materialna, wówczas producent tego produktu jest zobowiązany do wynagrodzenia powstałej w ten sposób szkody”.

Z zapisu tego wynikają następujące warunki:

Producent (§ 4 ustawy ProdHaftG)

Musi to być osoba/podmiot, która wprowadziła produkt do obrotu. Za producenta uznawana jest też osoba/podmiot, która importuje produkt na teren Europejskiego Obszaru Gospodarczego lub sprzedaje produkt innego producenta pod marką własną (tzw. „quasi-producent”).

Produkt wadliwy (§ 3 ustawy ProdHaftG)

Z produktem wadliwym mamy do czynienia, jeśli nie zapewnia on bezpieczeństwa, jakiego można od niego słusznie oczekiwać przy uwzględnieniu wszystkich okoliczności.



Odpowiedzialność za produkt niebezpieczny w szerszym znaczeniu można dalej podzielić na następujące rodzaje odpowiedzialności:

- **Odpowiedzialność deliktowa za produkt niebezpieczny** (uregulowana w prawie niemieckim w § 823 kodeksu cywilnego BGB). Odpowiedzialność deliktowa za produkt niebezpieczny występuje, gdy ktoś umyślnie lub wskutek niedbalstwa wyrządza szkodę innej osobie (w tym przypadku za pośrednictwem wyprodukowanego przez siebie produktu). W przypadku spełnienia dalszych warunków na przepis ten może powołać się każda osoba poszkodowana, również osoba niebędąca stroną umowy (tzw. osoba trzecia).
- Na (właściwą) **odpowiedzialność za produkt niebezpieczny** zgodnie z niemiecką ustawą o odpowiedzialności za produkt niebezpieczny (ProdHaftG) mogą powoływać się zarówno strony umowy, jak i osoby trzecie.

Niemiecka ustanowiona ustawą o odpowiedzialności za produkt niebezpieczny opiera się na dyrektywie UE. Porównywalne przepisy obowiązują w związku z tym we wszystkich krajach europejskich. Ponadto odpowiednie przepisy przyjęto również w wielu krajach poza Europą. Poniżej przedstawiono krótki przegląd regulacji obowiązujących w prawie niemieckim. Świadomie przedstawiono tu jednak tylko istotne kwestie, a nie wszystkie warunki czy wyłączenia.

Szkody spowodowane przez produkt wadliwy: uszkodzenie ciała lub uszczerbek na zdrowiu bądź szkoda materialna (lecz nie uszkodzenie samego produktu ani tylko rzeczy, które są zwykle przeznaczone do użytku lub zużycia prywatnego i które były zasadniczo odpowiednio wykorzystywane przez osobę poszkodowaną). Szkody o charakterze czysto majątkowym nie podlegają wynagrodzeniu na mocy ustawy ProdHaftG. Wyjątkiem jest tylko sytuacja, gdy dana szkoda majątkowa jest bezpośredniem następstwem uszkodzenia ciała lub uszczerbku na zdrowiu bądź szkody materialnej objętej ustawą ProdHaftG (np. koszty opieki lekarskiej, renta pieniężna z powodu zmniejszenia zdolności do pracy zarobkowej).

W przeciwnieństwie do roszczeń o odszkodowanie wnoszonych na mocy prawa rękojmi lub z tytułu odpowiedzialności deliktoowej w przypadku odpowiedzialności objętej ustawą ProdHaftG nie musi występować zawinienie. Odpowiedzialność tego typu może więc zaistnieć również przy zachowaniu należytej staranności (a tym samym bez niedbalstwa). Chodzi tu o tzw. odpowiedzialność cywilną na zasadzie ryzyka, w przypadku której do uzasadnienia odpowiedzialności wystarczy, że w ramach dozwolonej czynności powstanie ryzyko, które się później urzeczywistni.

§

Obowiązki producenta

Rozróżnia się wiele rodzajów wad, które uzasadniają odpowiedzialność na mocy ustawy ProdHaftG:

Wady konstrukcyjne

Wady tego typu tkwią w koncepcji produktu, np. w jego projekcie technicznym lub w doborze materiałów, i wpływają na całą produkcję.

Wady produkcyjne

Wady produkcyjne to wady przy produkcji poszczególnych produktów lub partii. Zgodnie z ustawą ProdHaftG producent odpowiada również za wady produkcyjne, których nie da się uniknąć mimo zastosowania wszelkich uzasadnionych środków zaradczych.

Należy tu zwrócić uwagę przede wszystkim na przestrzeganie obligatoryjnych przepisów prawa – producent nie ponosi odpowiedzialności, jeśli wada opiera się (wyłącznie) na ich przestrzeganiu. Normy techniczne (europejskie normy EN lub normy krajowe, takie jak DIN, VDE itp.) należy traktować w związku z tym jako minimalne standardy wymaganego bezpieczeństwa. Zobowiązania producenta mogą też wykraczać poza przestrzeganie przepisów lub norm technicznych, jeśli słusznie można

Wysokość szkody

Zasadniczo szkoda wyrządzona osobie poszkodowanej powinna zostać wynagrodzona przez producenta w pełnej wysokości. Niemiecka ustanowiona przez ProdHaftG przewiduje tu ograniczenie jedynie w przypadku szkód na osobie. Obowiązująca kwota maksymalna, do której ponoszona jest odpowiedzialność to 85 mln EUR. Nie jest możliwe dalsze ograniczenie względem osób trzecich z powodu braku umowy ani zawarcie takiego ograniczenia w ogólnych warunkach handlowych bądź w umowach indywidualnych z drugą stroną umowy.

Błędy w instrukcji

Błędy instrukcyjne występują, gdy źródłem ryzyka jest wadliwa instrukcja dotycząca produktu (np. w instrukcjach obsługi). Do wad tego typu należą również brakujące lub ukryte ostrzeżenia. Producent musi tu brać pod uwagę najgorzej poinformowanego użytkownika i uwzględnić również potencjalne niewłaściwe użytkowanie produktu. Ustawa ProdHaftG zobowiązuje tym samym producenta do zagwarantowania bezpieczeństwa produktu na etapie projektowania, produkcji i opracowywania instrukcji.

było oczekiwane od niego dalej idących środków zapewniających bezpieczeństwo produktu. Zgodnie z orzeczeniem wydanym przez Sąd Najwyższy samo przestrzeganie norm EN nie wystarczy już do spełnienia nałożonego na producenta obowiązku zapewnienia bezpieczeństwa, jeśli zostały one pominięte w projekcie lub jeśli podczas używania urządzenia wystąpi ryzyko nieuwzględnione w normach EN.

Producent może się zabezpieczyć przez zawarcie odpowiednio wysokiego ubezpieczenia od odpowiedzialności za produkt niebezpieczny.

Podsumowanie: odpowiedzialność za produkt niebezpieczny

- Producenci powinni unikać odpowiedzialności wynikającej z ustawy ProdHaftG.
 - Należy przestrzegać obowiązujących norm.
 - Należy sprawdzić, czy w celu zapewnienia bezpieczeństwa produktu nie jest konieczne zastosowanie środków wykraczających poza normy.
- Należy unikać wad przez konsekwentne zapewnianie i kontrolę jakości.
- Pozostałe ryzyko dla producenta należy zminimalizować przez zawarcie ubezpieczenia o odpowiedniej wysokości.

Należy przy tym zaznaczyć, iż zasadniczo – o ile w danym przypadku nie występuje odwrócenie ciężaru dowodu – w przypadku szkody to na osobie poszkodowanej leży ciężar dowodu, że do uszkodzenia ciała lub szkody materialnej doprowadził wadliwy produkt i że to on był przyczyną powstałej szkody. Nie zawsze jest to łatwe do wykazania, zwłaszcza gdy trzeba uwzględnić wiele możliwych przyczyn.

Krok 1. Ocena ryzyka

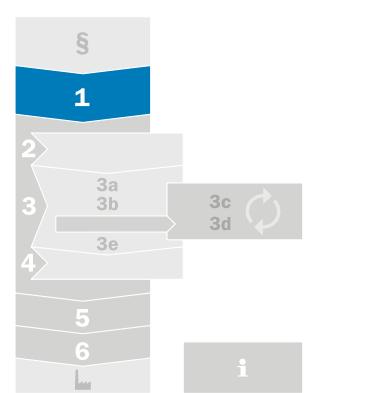
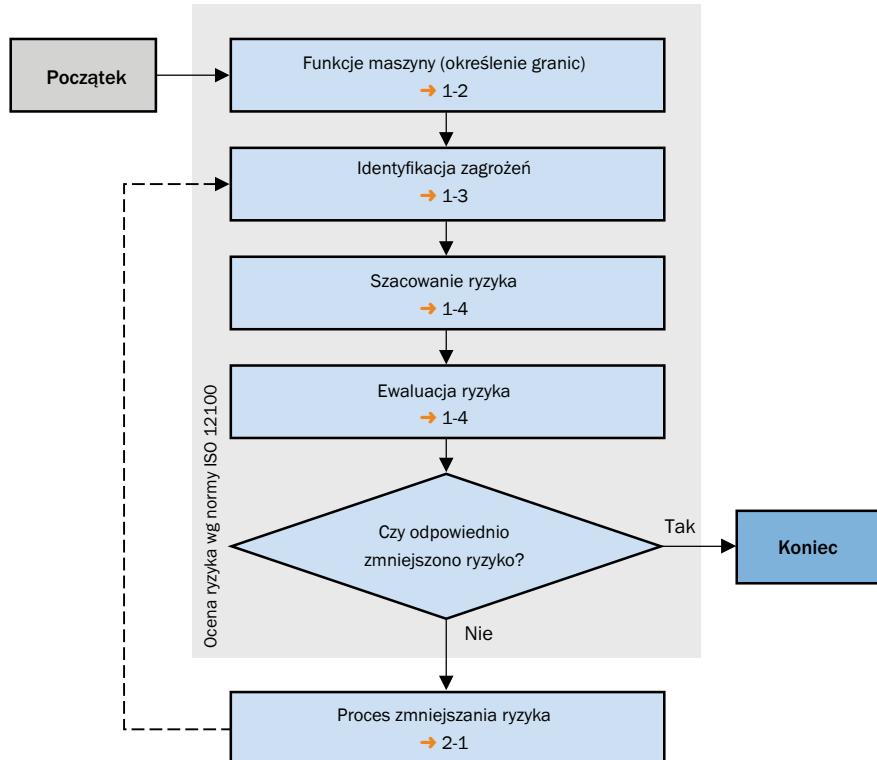
W procesie planowania i konstruowania maszyny należy przeanalizować możliwe ryzyko i w razie potrzeby przewidzieć środki ochrony operatora przed istniejącymi zagrożeniami.

Pomocą dla producenta maszyn przy wypełnianiu tego zadania są normy, które definiują i opisują proces oceny ryzyka. Ocena ryzyka jest efektem kroków logicznych, umożliwiających systematyczną analizę i ocenę ryzyka. Maszyna musi być zaprojektowana i wykonana przy uwzględnieniu wyników oceny ryzyka. Jeśli to konieczne, ocena ryzyka pociąga za sobą zmniejszenie ryzyka poprzez zastosowanie odpowiednich środków ochronnych.

Zastosowanie środków ochronnych nie może spowodować powstania nowego ryzyka. Powtórzenie całej procedury, tj. oceny i zmniejszenia ryzyka, może być konieczne w celu maksymalnego możliwego wyeliminowania zagrożeń i dostatecznego zmniejszenia rozpoznanego lub nowego ryzyka. W wielu normach typu C podana jest ocena ryzyka w odniesieniu do maszyn i procesów. Jeśli nie ma możliwości zastosowania norm typu C lub są one niewystarczające, można wykorzystać przepisy podane w normach typu A i B.

→ Bezpieczeństwo maszyn – Ogólne zasady projektowania – Ocena ryzyka i zmniejszanie ryzyka Norma A: ISO 12100

Proces oceny ryzyka



W tym rozdziale ...

Proces oceny ryzyka	1-1
Funkcje maszyny	1-2
Identyfikacja zagrożeń	1-3
Oszacowanie i ocena ryzyka.....	1-4
Dokumentacja.....	1-4
Safexpert®	1-5
Podsumowanie	1-6

- Procedurę należy wykonać dla wszystkich zagrożeń. Należy ją powtarzać (proces iteracyjny) tak długo, aż pozostałe ryzyko resztkowe będzie małe i możliwe do zaakceptowania.
- Uzyskane wyniki oceny ryzyka i zastosowaną procedurę należy udokumentować.

Funkcje maszyny (określenie granic)

Ocena ryzyka rozpoczyna się wraz z określeniem funkcji maszyny. Może to być:

- specyfikacja maszyny (co jest produkowane, maksymalna wydajność produkcji, przewidziane materiały)
- granice przestrzenne i przewidywane miejsce zastosowania
- planowany okres użytkowania (trwałość użytkowa)
- planowane funkcje i tryby pracy
- spodziewane nieprawidłowe działania i awarie
- osoby uczestniczące w procesie związanym z maszyną
- produkty mające związek z maszyną
- użytkowanie zgodne z przeznaczeniem, a także niezamierzone działania operatora lub możliwe do przewidzenia w rozsądny sposób niewłaściwe użycie maszyny (nadużycia)

Możliwe do przewidzenia niewłaściwe użycie

Możliwymi do przyjęcia w rozsądny sposób, niezamierzonymi działaniami operatora lub możliwym do przewidzenia niewłaściwym użyciem maszyny może być między innymi:

- utrata kontroli nad maszyną przez operatora (przede wszystkim w przypadku maszyn trzymanych w rękach lub ruchomych)
- odruchowe działanie ludzi w przypadku nieprawidłowego działania, usterek lub awarii podczas użytkowania maszyny
- nieprawidłowe zachowanie z powodu braku koncentracji lub nieuwagi
- nieprawidłowe zachowanie, które można określić jako „działanie po najmniejszej linii oporu” przy realizacji zadania
- działanie pod presją konieczności utrzymania pracującej maszyny w każdych warunkach
- zachowanie określonej grupy ludzi (np. dzieci, młodzieży, osób niepełnosprawnych)

Spodziewanie nieprawidłowe działanie i awarie

Duży potencjał zagrożenia jest związany z nieprawidłowym działaniem i zakłóceniami w pracy elementów istotnych dla działania funkcji eksploatacyjnych maszyny (przede wszystkim układu sterowania). Przykłady:

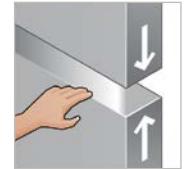
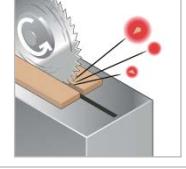
- zmiana kierunku ruchu walców (możliwość wciągnięcia rąk)
- ruch robota poza jego zaprogramowanym obszarem pracy

Identyfikacja zagrożeń

Po określaniu funkcji maszyny następuje najważniejszy krok przy ocenie związanego z nią ryzyka. Jest to systematyczna identyfikacja możliwych do przewidzenia zagrożeń, niebezpiecznych sytuacji i/lub niebezpiecznych zdarzeń.

Producent maszyny powinien uwzględnić przedstawione niżej zagrożenia we wszystkich fazach okresu użytkowania maszyny.
<ul style="list-style-type: none"> zagrożenia mechaniczne zagrożenia elektryczne zagrożenia termiczne zagrożenia powodowane hałasem zagrożenia powodowane drganiami zagrożenia powodowane promieniowaniem zagrożenia powodowane przez materiały i substancje zagrożenia na skutek nieprzestrzegania zasad ergonomii podczas planowania i konstruowania maszyn zagrożenia na skutek poślizgnięcia, potknięcia lub upadku zagrożenia związane z otoczeniem roboczym maszyny zagrożenia powstające z połączenia wyżej wymienionych zagrożeń 	<ul style="list-style-type: none"> transport, montaż i instalacja uruchomienie nastawy normalna praca i usuwanie usterek konserwacja i czyszczenie wycofanie z eksploatacji, demontaż i utylizacja

Przykłady zagrożeń mechanicznych w maszynach/installacjach

	Przecięcie		Zmiażdżenie
	Odcięcie		Ukłucie
	Wciągnięcie lub pochwycenie		Wciągnięcie lub pochwycenie
	Pochwycenie		Uderzenie
	Oddziaływanie na skutek pęknięcia części		Oddziaływanie na skutek wyrzucania wiórów

Oszacowanie i ocena ryzyka

Po zidentyfikowaniu zagrożeń należy przeprowadzić **szacowanie ryzyka** dla każdej rozpatrywanej sytuacji niebezpiecznej.

$$\boxed{\text{Ryzyko}} = \boxed{\text{Rozmiar szkód}} \times \boxed{\text{Prawdopodobieństwo wystąpienia}}$$

Istnieją różne narzędzia, służące od oszacowania ryzyka, np. tabele, graf ryzyka, metody numeryczne itp.

Podczas **oceny ryzyka** na podstawie wyników oszacowania ryzyka ustala się, czy konieczne jest zastosowanie środków ochronnych i kiedy uzyska się wymagane zmniejszenie ryzyka.

1

Ryzyko związane z rozpatrywaną niebezpieczną sytuacją zależy od następujących elementów:

- rozmiaru szkód, które mogą być spowodowane przez dane zagrożenie (lekkie obrażenia, poważne obrażenia itp.) oraz
- prawdopodobieństwa wystąpienia danej szkody. Wynika ono z:
 - ekspozycji na zagrożenie osoby/osób
 - wystąpienia niebezpiecznego zdarzenia oraz
 - technicznych i ludzkich możliwości uniknięcia lub ograniczenia szkody

→ Narzędzia i tabele: Raport techniczny – ISO/TR 14121-2

Dokumentacja

Dokumentacja dotycząca oceny ryzyka musi zawierać zastosowaną procedurę i uzyskane wyniki, a także następujące informacje:

- dane dotyczące maszyny, takie jak specyfikacje, wartości graniczne, użytkowanie zgodne z przeznaczeniem itp.
- ważne założenia, które zostały dokonane, takie jak obciążenia, wytrzymałości, współczynniki bezpieczeństwa
- wszystkie zidentyfikowane zagrożenia i niebezpieczne sytuacje oraz brane pod uwagę niebezpieczne zdarzenia
- wykorzystywane dane i ich źródła, takie jak historie wypadków i doświadczenia związane ze zmniejszaniem ryzyka w porównywalnych maszynach
- opis zastosowanych środków ochronnych
- opis zadań związanych ze zmniejszeniem ryzyka, możliwych do zrealizowania za pomocą tych środków ochronnych
- ryzyko resztkowe związane z maszyną
- wszystkie dokumenty opracowane podczas oceny ryzyka

Dyrektyna maszynowa nie wymaga przekazywania dokumentacji dotyczącej oceny ryzyka wraz z maszyną!

Ocena ryzyka za pomocą Safexpert®

The screenshot shows the Safexpert software interface. On the left, there's a tree view of hazard categories like 'Mechanical hazards' and 'Electrical hazards'. The main panel displays 'Header information' for a specific hazard: 'Hazard occurs: Yes', 'Hazard location: Below roller drive', 'Phase of the machinery life: Assembly, installation', 'Hazard: 1 - Mechanical hazards / 1.3 - crushing', and 'Hazard description: Roller is getting loose; while opening the conus it will slip out of mechanical guide towards the worker.' Below this is a table titled 'Measures' with four entries:

No.	Measure	Type	Risk IN / OUT
1	Conus position control through shaft encoder.	COM	5 / 3
2	Staff members/ workers to wear safety shoes	PPE	3 / 3
3	Remark before exchanging the roller to check the conus position.	PIC	3 / 3
4	Enter remark in operating instructions.	OI	3 / 3

Proces oceny ryzyka jest przedstawiony w Safexpert®, oprogramowaniu do zarządzania oznakowaniem CE. Użytkownik jest prowadzony przez przepisy ustawowe i normatywne. Wykonanie czynności ułatwia zapisana lista zagrożeń, zarządzanie oznakowaniem CE do ustrukturyzowanej oceny ryzyka oraz schemat do oceny ryzyka i niezbędnego poziomu bezpieczeństwa przy środkach związanych z techniką sterowania. Menedżer norm pomaga utrzymać niezbędne normy zawsze w zgodzie z aktualnym stanem. Zagrożenia są pogrupowane odpowiednio do miejsc ich występowania i rozpatrywane w odpowiednich fazach eksploatacji maszyny. Ocena pojedynczych zagrożeń umożliwia optymalny wybór środków zmniejszających ryzyko. W programie Safexpert® wykorzystuje się połączenie schematu ryzyka z macierzą (tabela). Oszacowanie jest wykonywane przed (IN) i po (OUT) zastosowaniu środka ochronnego (np. urządzenia ochronnego). Ryzyko jest klasyfikowane na skali od 0 (brak ryzyka) do 10 (największe ryzyko).

Program Safexpert® służy nie tylko do oceny ryzyka. Za pomocą programu Safexpert® można efektywnie przeprowadzić i udokumentować całą procedurę zgodności wg dyrektywy maszynowej.

The screenshot shows the 'Risk estimation' dialog box. It features a decision tree on the left with nodes labeled 'no injury', 'slight', 'rarely', 'Start', 'serious', 'often', 'death', and 'rarely'. To the right is a 'Risk matrix' table:

	IN			OUT				
	SM	MI	HI	SM	MI	HI		
no injury	0	0	0	0	0	0		
slight	P	0	0	1	H	0	1	2
rarely	P	1	2	3	H	2	3	4
Start								
serious	P	3	4	5	H	4	5	6
often	P	4	5	6	H	5	6	7
death	P	5	6	7	H	6	7	8
rarely	P	6	7	8	H	7	8	9
	P	7	8	9	H	8	9	10

Below the matrix is a text input field for 'Reason for this valuation:' and a section for evaluation details: 'Evaluated by: Kienzle Markus', 'On: 30.10.2015 13:56:55', and a 'Delete risk estimation' button. At the bottom right are 'OK' and 'Cancel' buttons.

The screenshot shows the 'Performance level (PL) valuation' dialog box. It contains a flowchart with nodes labeled 'Start', 'S1', 'F1', 'P1', 'P2', 'S2', 'F2', 'P1', 'P2', 'd', 'c', 'b', 'a', and 'e'. To the right is a table for 'Required Performance Level' with rows for 'Required Performance Level' (labeled 'e'), 'Performance Level reached' (labeled 'e'), and a 'Calculate PL' button.

Podsumowanie: Ocena ryzyka

Informacje ogólne

- Należy wykonać ocenę ryzyka dla wszystkich zagrożeń. Taki proces iteracyjny musi uwzględnić wszystkie zagrożenia i ryzyko, tak aby nie pozostało żadne lub pozostało tylko możliwe do zaakceptowania niewielkie ryzyko resztkowe.

Proces oceny ryzyka

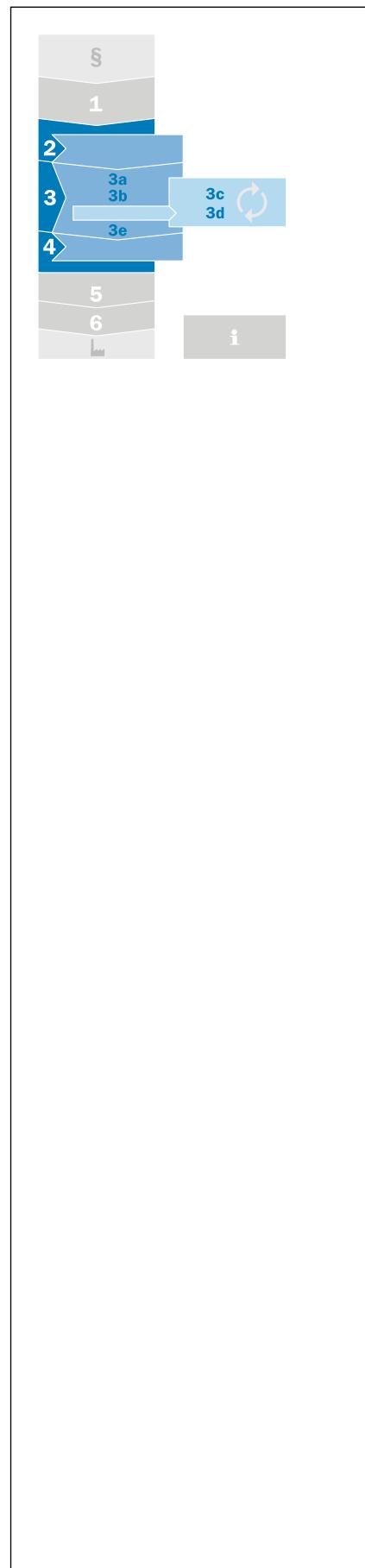
- Ocenę ryzyka należy rozpocząć od określenia funkcji maszyny.
- Podczas oceny ryzyka należy uwzględnić przede wszystkim możliwe do przewidzenia niewłaściwe użycie maszyny i awarie.
- Następnie należy zidentyfikować zagrożenia (mechaniczne, elektryczne, termiczne itp.), których źródłem jest maszyna. Zagrożenia te należy uwzględnić we wszystkich fazach okresu użytkowania maszyny.
- Następnie należy oszacować ryzyko związane z tymi zagrożeniami. Zależy ono od rozmiaru szkód i prawdopodobieństwa wystąpienia szkody.
- Wyniki oceny ryzyka należy udokumentować.

Kroki 2 do 4. Zmniejszanie ryzyka

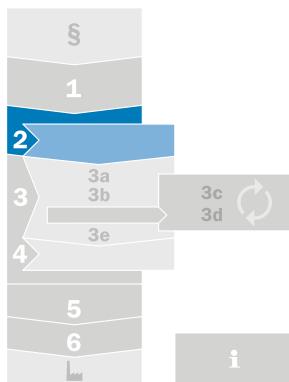
Jeśli ocena ryzyka wykazała, że niezbędne są środki prowadzące do zminimalizowania ryzyka, należy zastosować metodę trójstopniową.

Metoda trójstopniowa

1. Przy wyborze środków producent maszyny musi stosować następujące zasady w podanej kolejności:
2. Bezpieczny projekt: wyeliminowanie lub zminimalizowanie ryzyka, tak dalece jak jest to możliwe (projektowanie i budowa maszyn bezpiecznych z samego założenia)
3. Techniczne środki ochronne: podjęcie koniecznych środków ochrony przed ryzykiem, którego nie można wyeliminować w sposób konstrukcyjny
Informacja dla użytkownika dotycząca ryzyka resztkowego



→ Zasady dotyczące procesu zmniejszania ryzyka: ISO 12100 (norma A)



Krok 2: bezpieczny projekt (nierożłącznie związany z bezpieczną konstrukcją)

Bezpieczny projekt jest pierwszym i najważniejszym etapem w procesie zmniejszania ryzyka. Możliwe zagrożenia wyklucza się w tym przypadku już na etapie projektowania i konstrukcji. W związku z tym udowodniono, że skuteczność bezpiecznego projektu jest największa. Aspekty bezpiecznego projektu dotyczą konstrukcji samej maszyny oraz interakcji pomiędzy zagrożonymi osobami i maszyną.

Przykłady:

- konstrukcja mechaniczna
- koncepcja obsługi i utrzymania w dobrym stanie
- wyposażenie elektryczne (bezpieczeństwo elektryczne, kompatybilność elektromagnetyczna)
- koncepcje dotyczące zatrzymania w sytuacji awaryjnej
- wyposażenie hydrauliczne i pneumatyczne
- stosowane materiały i środki eksploatacyjne
- działanie maszyny i proces produkcji

Konstrukcja mechaniczna

Podstawowym zadaniem przy projektowaniu jest niedopuszczanie do powstania jakichkolwiek zagrożeń. Uzyskuje się to na przykład poprzez:

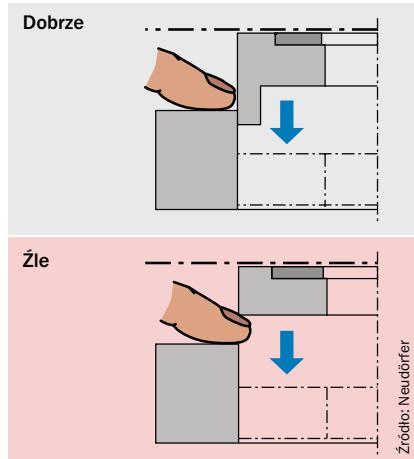
- unikanie ostrych krawędzi, kątów i wystających elementów
- unikanie miejsc grożących zgnieceniem, otarciem i wciągnięciem
- ograniczenie energii kinetycznej (masa i prędkość)
- przestrzeganie zasad ergonomii

W tym rozdziale ...

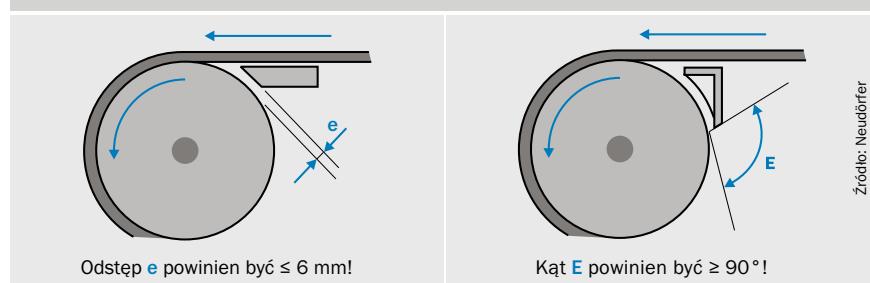
Konstrukcja mechaniczna	2-2
Koncepcja obsługi i utrzymania w dobrym stanie	2-3
Wyposażenie elektryczne	2-4
Zatrzymanie	2-9
Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC)	2-9
Technika hydrauliczna i pneumatyczna	2-11
Zastosowanie w atmosferach zagrożonych wybuchem	2-12
Podsumowanie	2-13

W każdym przypadku należy wybrać, zastosować i dopasować wszystkie elementy składowe w taki sposób, aby w przypadku błędu w maszynie bezpieczeństwo ludzi miało najwyższy priorytet. Należy też uwzględnić unikanie szkód w maszynie i w otoczeniu. Specyfikację wszystkich części składowych maszyny należy określić w taki sposób, aby działały one w obrębie dopuszczalnych wartości granicznych. Zasadniczo budowa powinna być wykonana w najprostszym możliwym sposobie. Funkcje związane z bezpieczeństwem należy w miarę możliwości oddzielić od innych w maksymalnym możliwym zakresie.

Przykład: unikanie miejsc grożących otarciem



Przykład: unikanie miejsc grożących wciągnięciem



→ Alfred Neudörfer: Konstruieren sicherheitsgerechter Produkte (Konstruowanie bezpiecznych produktów), Springer-Verlag, Berlin et al., ISBN 978-3-642-33889-2 (5. wydanie 2013)

Koncepcja obsługi i utrzymania w dobrym stanie

Konieczność przebywania w obszarze zagrożenia powinna być możliwie najmniejsza. Uzyskuje się to na przykład poprzez:

- automatyczne stacje załadowcze i wyładowcze
- wykonywanie nastaw i prac konserwacyjnych „z zewnątrz”
- stosowanie niezawodnych i dostępnych elementów, pozwalających na uniknięcie prac konserwacyjnych
- jasną i jednoznaczną koncepcję obsługi, np. przejrzyste oznaczenie elementów usługowych

→ Elektryczne wyposażenie maszyn: IEC 60204-1

Ogólne znaczenie kolorów elementów usługowych

Kolor	Znaczenie	Objaśnienie
Biały Szary Czarny	Nieokreślony	Zainicjowanie funkcji
Zielony	Bezpiecznie	Naciśnąć w przypadku bezpiecznej obsługi lub w celu przygotowania do normalnego stanu
Czerwony	Sytuacja awaryjna	Naciśnąć w przypadku niebezpiecznego stanu lub sytuacji awaryjnej
Niebieski	Polecenie	Naciśnąć po pojawienniu się stanu wymagającego bezwzględnie koniecznego działania
Żółty	Nietypowa sytuacja	Naciśnąć w przypadku nietypowego stanu

Oznaczenia barwne

Elementy usługowe przycisków i lampki sygnalizacyjne (kontrolki) lub wskaźniki na ekranach należy oznaczyć na kolorowo. Poszczególne kolory mają różne znaczenia.

Ogólne znaczenie kolorów lampek sygnalizacyjnych (kontrolek)

Kolor	Znaczenie	Objaśnienie
Biały	Neutralny	Zastosować w przypadku wątpliwości dotyczących stosowania koloru zielonego, czerwonego, niebieskiego lub żółtego
Zielony	Stan normalny	
Czerwony	Sytuacja awaryjna	Niebezpieczny stan, zareagować natychmiastowym działaniem
Niebieski	Konieczność	Wskazanie stanu, który koniecznie wymaga reakcji operatora
Żółty	Nietypowa sytuacja	Stan nietypowy, zbliża się stan krytyczny

Wyposażenie elektryczne

Niezbędne jest podjęcie środków w celu wyeliminowania zagrożeń elektrycznych związanych z maszyną. W tym przypadku rozróżnia się dwa rodzaje zagrożeń:

- zagrożenia związane z prądem elektrycznym, tzn. zagrożenia powstające na skutek bezpośredniego lub pośredniego dotknięcia
- zagrożenia powstające w sytuacji zaistniałej pośrednio z powodu defektów w układzie sterowania

- W zamieszczonych poniżej rozdziałach znajdują się ważne punkty dotyczące projektowania wyposażenia elektrycznego.
→ Elektryczne wyposażenie maszyn: IEC 60204-1

Podłączenie zasilania energią elektryczną

2

Podłączenie zasilania energią elektryczną jest interfejsem pomiędzy wyposażeniem elektrycznym maszyny a siecią zasilającą. W przypadku przyłącza należy przestrzegać przepisów podanych przez odpowiedniego operatora sieci elektrycznej.

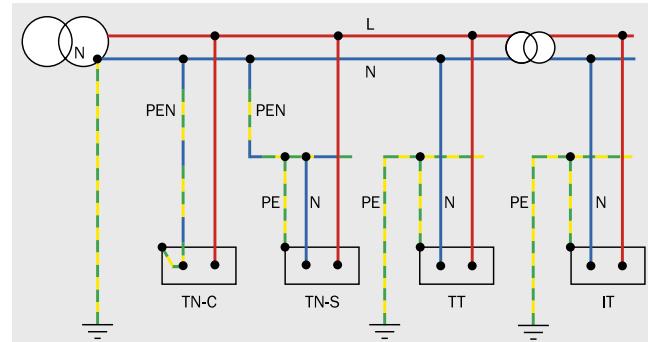
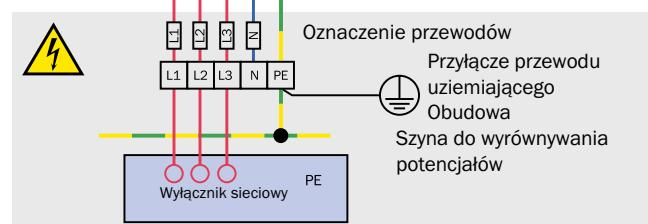
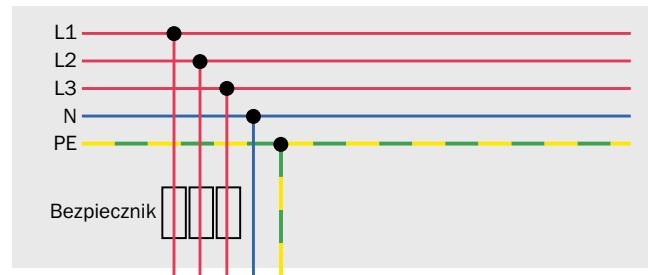
System uziemienia

System uziemienia charakteryzuje zarówno rodzaj połączenia strony wtórnej transformatora zasilającego z ziemią, jak również rodzaj uziemienia korpusów sprzętu elektrycznego. Istnieją trzy międzynarodowe standardowe systemy uziemienia:

- System TN
- System TT
- System IT

Uziemienie jest przewodem przewodzącym elektrycznie, połączonym z ziemią. Rozróżnia się uziemienie ochronne PE, odpowiadające za bezpieczeństwo elektryczne, oraz uziemienie funkcjonalne FE, służące do innych celów. System uziemienia składa się z uziomu, przewodów podłączeniowych i odpowiednich zacisków. Wszystkie korpusy wyposażenia elektrycznego zasilania sieciowego muszą być połączone z uziemieniem w celu ochrony i wyrównania potencjałów. Ochrona i wyrównanie potencjałów jest podstawowym środkiem zapobiegawczym w przypadku uszkodzenia.

Stabilne zasilanie z sieci jest konieczne przed wszystkim w przypadku zastosowań związanych z bezpieczeństwem technicznym. W związku z tym dostarczane napięcie musi być odporne na chwilowe uszkodzenia sieci.



System TN

System TN jest najczęściej stosowaną formą sieci w urządzeniach niskonapięciowych. W systemach TN punkt gwiazdy transformatora jest uziemiony bezpośrednio (uziom roboczy); korpusy podłączonych urządzeń są połączone z punktem gwiazdy transformatora za pomocą przewodu ochronnego (PE). W zależności od przekroju poprzecznego położonych kabli, przewody PE i N prowadzone są jako przewód wspólny (system TN-C) lub jako dwa samodzielne przewody (system TN-S).

System TT

W systemie TT punkt gwiazdy transformatora zasilającego jest uziemiony tak samo jak w systemie TN. Przewód ochronny podłączony do przewodzącej elektrycznie obudowy urządzenia nie jest prowadzony do samego punktu gwiazdy, lecz uziemiony osobno. Korpusy urządzeń mogą być uziemione także przez wspólny uziom ochronny.

Systemy TT są stosowane zazwyczaj tylko w połączeniu z wyłącznikami różnicowo-prądowymi.

Zaletą systemu TT jest duża niezawodność przy dużych odległościach.

System IT

Przewodzące elektrycznie obudowy urządzeń są uziemione w systemie IT tak samo jak w systemie TT, ale punkt gwiazdy transformatora zasilającego nie. Jako system IT wykonywane są instalacje, w przypadku których wyłączenie związane jest z pewnym zagrożeniem i dlatego nie powinny się jeszcze wyłączyć przy wystąpieniu tylko jednego zwarcia z kadłubem lub zwarcia doziemnego.

W obszarze niskiego napięcia systemy IT są zalecane na przykład do zasilania sal operacyjnych i oddziałów intensywnej terapii w szpitalach.

→ Środki ochronne: IEC 60364-4-41, z różnymi dopasowaniami krajowymi

Urządzenia izolujące energię elektryczną

Dla każdego przyłącza sieciowego jednej lub kilku maszyn należy przewidzieć urządzenie izolujące energię elektryczną. Jego zadaniem jest odłączenie wyposażenia elektrycznego od zasilania energią:

- rozłącznik obciążenia dla kategorii użytkowej AC-23B lub DC-23B
- odłącznik ze stykiem pomocniczym do wstępnego rozłączenia obciążenia
- wyłącznik izolacyjny
- kombinacja wtyczka / gniazdo do 16 A/3 kW

Niektóre obwody elektryczne, takie jak obwody sterujące blokad, nie mogą być wyłączane przez wyłącznik. W takim przypadku należy podjąć specjalne środki gwarantujące bezpieczeństwo personelu zajmującego się obsługą.

Izolacja energii do zapobiegania niespodziewanemu uruchomieniu

Rozruch maszyny lub energia zwrotna nie może powodować zagrożenia dla serwisantów podczas wykonywania prac serwisowych. W związku z tym należy podjąć środki zapobiegające przypadkowemu i/lub omyłkowemu zamknięciu urządzenia

izolującego energię elektryczną. Można to uczynić poprzez założenie odpowiedniego zamknięcia na włączniku głównym w pozycji wyłączonej (Wyl.).

Urządzenie wyłączające tego typu nie nadaje się jako środek ochronny do krótkotrwałych, uwarunkowanych eksploatacją działań w obszarze zagrożenia.

2

Ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym

Klasy ochrony

Zaszergowanie do różnych klas ochrony informuje, za pomocą jakich środków uzyskuje się bezpieczeństwo przy usterce pojedynczej. Z tego zaszergowania nie wynika jednak informacja o wielkości ochrony.

	Klasa ochrony I Wszystkie urządzenia z pojedynczą izolacją (izolacja podstawowa) i jednym przyłączeniem przewodu ochronnego zaliczane są do klasy ochrony I. Przewód ochronny musi być zielono-żółty i podłączany do zacisku oznaczonego symbolem lub literami PE.
	Klasa ochrony II Urządzenia z klasy ochrony II posiadają wzmocnioną lub podwójną izolację i nie posiadają przyłącza dla przewodu ochronnego. Taki środek ochronny określa się też nazwą izolacja ochronna. Nie istnieje możliwość podłączenia przewodu ochronnego.
	Klasa ochrony III Urządzenia z klasy ochrony III pracują przy napięciu bardzo niskim bezpiecznym i nie wymagają specjalnej ochrony.

Napięcie bardzo niskie bezpieczne SELV/PELV

Jako napięcie bardzo niskie bezpieczne dopuszczalne są napięcia przemienne o wartości efektywnej (Vrms) do 50 V oraz napięcia stałe do 120 V. Powyżej granicy 75 V dla napięcia stałego należy dodatkowo przestrzegać przepisów podanych w dyrektywie niskonapięciowej.

W przypadku użytkowania w typowych suchych pomieszczeniach można zrezygnować z ochrony przed bezpośrednim dotknięciem (ochrona podstawowa), jeśli efektywna wartość napięcia przemiennego nie przekracza 25 V lub napięcie stałe wolne od drgań harmonicznych wyższych nie przekracza 60 V. Brak drgań harmonicznych wyższych występuje przy zachodzeniu na siebie napięcia stałego i sinusoidalnej części napięcia przemienego przy maksymalnie 10% efektywności. Obwód napięcia bardzo niskiego bezpiecznego musi być bezpiecznie odseparowany od innych obwodów elektrycznych (odpowiednie odległości powietrzne i odległości pełzania, izolacja, połączenie obwodów elektrycznych z przewodem ochronnym itp.).

Rozróżnia się:

- SELV (safety extra-low voltage)
- PELV (protective extra-low voltage)

Napięcia bardzo niskiego bezpiecznego nie wolno wytwarzają z sieci przy wykorzystaniu transformatorów jednouzwojeniowych, dzielników napięcia lub oporników szeregowych.

		ELV (AC < 50 V _{rms} , DC < 120 V)	
		SELV	PELV
Sposób separowania	Źródła prądu	Źródła prądu z bezpiecznym separowaniem np. transformator zabezpieczający lub równoważne źródła prądu	
	Obwody elektryczne	<ul style="list-style-type: none"> • Obwody elektryczne z bezpiecznym separowaniem od innych obwodów elektrycznych niebędących obwodami SELV lub PELV • Obwody elektryczne z izolacją podstawową między obwodami elektrycznymi SELV i PELV 	
Połączenie z ziemią lub przewodem ochronnym	Obwody elektryczne	Obwody elektryczne nieuziemione	Obwody elektryczne uziemione lub nieuziemione
	Obudowa	Obudów nie wolno świadomie uziemiać ani łączyć z przewodem ochronnym.	Obudowy można uziemiać lub łączyć z przewodem ochronnym.
Dodatkowe środki	Napięcie znamionowe: <ul style="list-style-type: none"> • AC > 25 V lub • DC > 60 V lub • Urządzenie w wodzie 	Ochrona podstawowa przez zastosowanie zgodnej z normą izolacji lub otulin	
	Napięcie znamionowe w normalnym, suchym otoczeniu: <ul style="list-style-type: none"> • AC ≤ 25 V lub • DC ≤ 60 V 	Nie są konieczne dodatkowe środki	Ochrona podstawowa przez zastosowanie: <ul style="list-style-type: none"> • zgodnej z normą izolacji lub otulin bądź też • połączenie korpusu i aktywnych części główną szyną uziemiającą

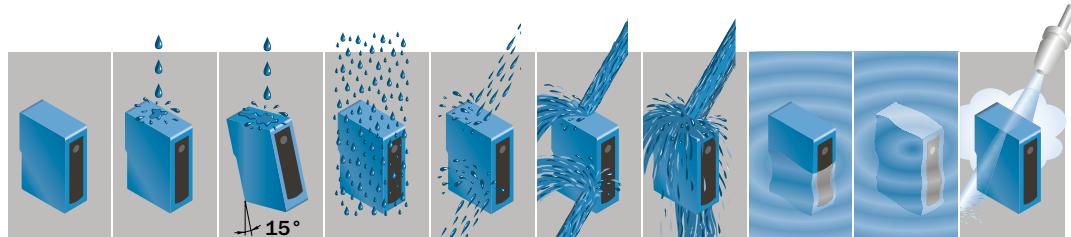
→ Klasy ochrony: EN 50 178

→ Bezpieczeństwo transformatorów: EN 61 588

Środki ochronne/stopnie ochrony

Stopnie ochrony opisują sposób ochrony urządzenia przed wniknięciem wody (bez pary wodnej) i ciał obcych (pył). Ponadto opisują sposób ochrony przed bezpośrednim dotknięciem części będących pod napięciem. Tego typu ochrona jest w zasadzie

wymagana zawsze, także przy niskich napięciach. Wszystkie separowane, możliwe do dotknięcia części będące pod napięciem, muszą być wykonane ze stopniem ochrony co najmniej IP 2x, szafy rozdzielcze ze stopniem ochrony co najmniej IP 54.



Pierwsze oznaczenie: odporność na penetrację przez ciała stałe		Drugie oznaczenie: odporność na penetrację przez wodę (bez pary wodnej, bez innych cieczy!)									
		IP ...0	IP ...1	IP ...2	IP ...3	IP ...4	IP ...5	IP ...6	IP ...7	IP ...8	IP ...9K
		Brak ochrony	Kapiąca woda pionowo	pionowo	poziomo	Woda sprysku- jąca	Woda rozprys- kowa	Strumień wody	Silny strumień wody	Zanurzenie przez krótki czas	przez długi czas
IP 0... Brak ochrony		IP 00									
IP 1... Ciało obce o średnicy ≥ 50 mm Ø		IP 10	IP 11	IP 12							
IP 2... Ciało obce o średnicy ≥ 12 mm Ø		IP 20	IP 21	IP 22	IP 23						
IP 3... Ciało obce o średnicy ≥ 2,5 mm Ø		IP 30	IP 31	IP 32	IP 33	IP 34					
IP 4... Ciało obce o średnicy ≥ 1 mm Ø		IP 40	IP 41	IP 42	IP 43	IP 44					
IP 5... Ochrona przed pyłem		IP 50			IP 53	IP 54	IP 55	IP 56			
IP 6... Pyłoszczelność		IP 60					IP 65	IP 66	IP 67		IP 69K

→ Stopnie ochrony zapewnianej przez obudowy: EN 60529

Zatrzymanie

Oprócz typowego zatrzymania eksploatacyjnego, z uwagi na bezpieczeństwo musi być możliwe zatrzymanie maszyny w sytuacji awaryjnej.

Wymagania

- Każda maszyna musi być wyposażona w urządzenie sterujące przeznaczone do typowego eksploatacyjnego zatrzymania całej maszyny.
- Musi istnieć przynajmniej jedna funkcja zatrzymania z kategorii 0. Z powodu wymogów w zakresie bezpieczeństwa i działania technicznego konieczne mogą być dodatkowe funkcje zatrzymania kategorii 1 i/lub 2.
- Polecenie zatrzymania maszyny musi być nadzędne w stosunku do uruchamiania. Po zatrzymaniu maszyny lub jej części stanowiącej/stanowiących zagrożenie musi nastąpić przerwanie dopływu energii do napędu.

→ Kategorie zatrzymania – patrz „Elektryczne wyposażenie maszyn: IEC 60204-1”

Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC)

Europejska dyrektywa EMC definiuje kompatybilność elektromagnetyczną jako „zdolność urządzenia, elementu wyposażenia lub systemu do zadowalającego działania w jego środowisku elektromagnetycznym, bez powodowania zakłóceń elektromagnetycznych, które nie są tolerowane w tym środowisku”.

Maszynę oraz stosowane elementy należy wybrać i zweryfikować w taki sposób, aby były odporne na spodziewane zakłócenia. Dla elementów bezpieczeństwa obowiązują podwyższone wymagania.

Zakłócenia elektromagnetyczne mogą zostać wywołane przez:

- szybkie, przejściowe (seryjne) elektryczne czynniki zakłócające
- napięcia udarowe (surge), np. wywołane uderzeniami piorunów w sieć
- pola elektromagnetyczne
- zakłócenia o wysokiej częstotliwości (sąsiadujące przewody)
- wyładowania elektrostatyczne (ESD)

Kategorie zatrzymania

Wymogi w zakresie bezpieczeństwa i działania technicznego maszyn prowadzą do funkcji zatrzymania w różnych kategoriach. Kategorie zatrzymania nie należy mylić z kategorią wg normy ISO 13849-1.

Kategoria zatrzymania 0	Następuje przerwanie dopływu energii do elementów napędowych (zatrzymanie niekontrolowane)
Kategoria zatrzymania 1	Następuje przełączenie maszyny do bezpiecznego stanu, a następnie przerwanie dopływu energii do elementów napędowych
Kategoria zatrzymania 2	Następuje przełączenie maszyny do bezpiecznego stanu, ale nie zostaje przerwany dopływ energii

→ Patrz także rozdział „Zatrzymanie w sytuacji awaryjnej”
→ 3-7

2

Istnieją granice zakłóceń dla obszarów przemysłowych i mieszkalnych. W obszarze przemysłowym obowiązują podwyższone wymagania dotyczące podatności na zakłócenia, ale dopuszczane są także większe wartości graniczne emisji zakłóceń. W związku z tym elementy składowe zgodne z przepisami w zakresie ochrony radiowej dla obszaru przemysłowego będą powodować zakłócenia działania w obszarze mieszkalnym. W przedstawionej poniżej tabeli znajdują się przykładowe minimalne natężenia pól zakłócających dla różnych obszarów zastosowania.

Typowe minimalne natężenia pól zakłócających w zakresie częstotliwości od 900 do 2000 MHz

Obszar zastosowania	Dopuszczalne minimalne natężenie pola zakłócającego
Elektronika rozrywkowa	3 V/m
Sprzęt AGD	3 V/m
Urządzenia elektroniki informacyjnej	3 V/m
Urządzenia medyczne	3 ... 30 V/m
Elektronika przemysłowa	10 V/m
Elementy zabezpieczające	10 ... 30 V/m
Systemy elektroniczne pojazdów	Do 100 V/m

Przykład: typowe odległości mobilnych urządzeń radiowych pozwalające na uzyskanie różnych natężeń pól zakłócających

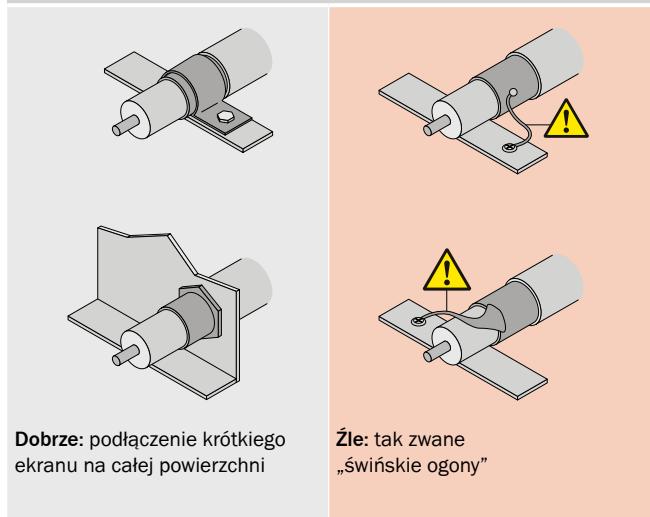
Obszar zastosowania	3 V/m	10 V/m	100 V/m	Uwagi
Stacja DECT	ok. 1,5 m	ok. 0,4 m	≤ 1 cm	Stacja podstawa lub element mobilny
Telefon komórkowy GSM	ok. 3 m	ok. 1 m	≤ 1 cm	Maksymalna moc nadawcza (900 MHz)
Stacja podstawa GSM	ok. 1,5 m	ok. 1,5 m	ok. 1,5 m	Przy mocy nadawczej wynoszącej ok. 10 W

Przedstawione poniżej podstawowe zasady projektowania pomagają uniknąć problemów związanych z kompatybilnością elektromagnetyczną:

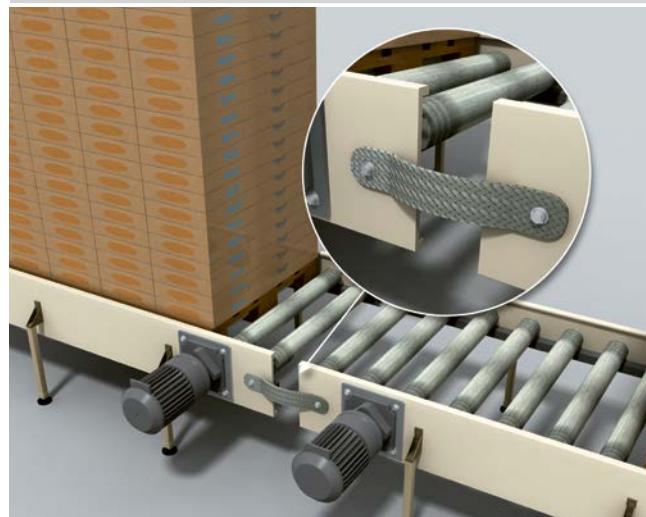
- 2
- ciągłe wyrównywanie potencjałów poprzez przewodzące elektrycznie połączenie pomiędzy elementami maszyn i instalacji
 - przestrzenne oddzielenie od części zasilającej (zasilanie sieciowe/elementy wykonawcze/przekształtnik)
 - nieprowadzenie prądu wyrownującego różnicę potencjałów przez ekran

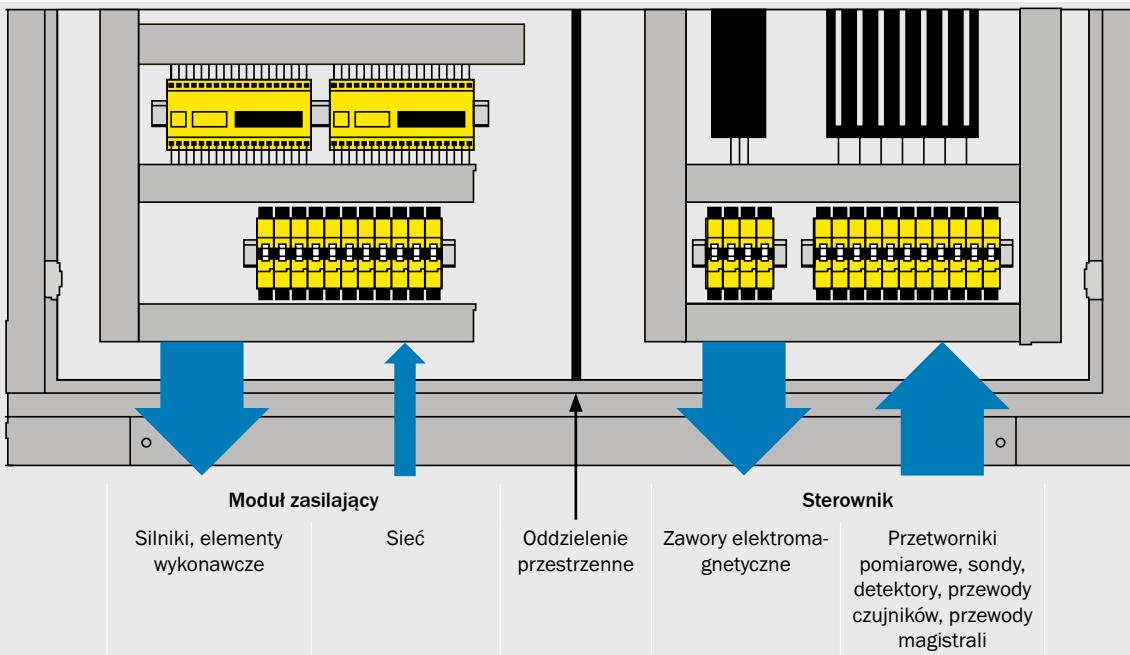
- stosowanie krótkiego ekranu i wykorzystywanie jego całej powierzchni
- podłączenie istniejącego uziemienia funkcjonalnego (FE)
- czyste połączenie istniejących przewodów komunikacyjnych. Do przesyłania danych (magistrala polowa) niezbędne są często przewody skrócone.

Przykład: prawidłowe podłączenie ekranu



Przykład: Wykonanie wyrównania potencjałów



Przykład: oddzielenie przestrzenne

- Normy dotyczące EMC: EN 61000-1 do -4
- Wymagania dotyczące elementów zabezpieczających w zakresie EMC: IEC 61496-1, IEC 62061

2

Technika płynów

Technika płynów oznacza wszystkie procesy, w których energia jest przenoszona przez ciecz lub gazy. Ten termin nadzędny jest stosowany dla obu ww. stanów skupienia, ponieważ ciecz i gazy wykazują podobne zachowanie. Technika płynów opisuje procesy i urządzenia do przenoszenia siły za pomocą substancji płynnych w zamkniętych systemach przewodzących.

Podsystemy

Każda instalacja hydraulyczna i pneumatyczna składa się z podsystemów:

- Sprężanie: sprężarka lub pompa
- Przygotowanie: filtry
- Tłoczenie: rury lub przewody elastyczne
- Sterowanie: zawory
- Napędzanie: silowniki

Ciśnienie powstaje w każdym systemie hydraulicznym i pneumatycznym poprzez tłoczenie cieczy lub gazu pod obciążeniem.

Zwiększenie obciążenia powoduje także zwiększenie ciśnienia. Techniczne wykorzystanie płynów jest stosowane w hydraulice (przenoszenie energii przez oleje hydrauliczne) i pneumatyczce (przenoszenie energii przez sprężone powietrze). W hydraulice olejowej potrzebny jest obieg cieczy (zasilanie i powrót), natomiast w pneumatyczce powietrze zużyte wydmuchiwanie jest do otoczenia przez tłumik.

Zasady projektowania

Wszystkie części instalacji hydraulicznej i pneumatycznej należy zabezpieczyć przed ciśnieniem przekraczającym maksymalne ciśnienie robocze danego podsystemu lub ciśnienie znamionowe elementu składowego. Wyciek powstający w obrębie elementu składowego lub w rurach bądź przewodach elastycznych nie może powodować zagrożenia. Tłumiki należy stosować w celu obniżenia poziomu ciśnienia akustycznego powodowanego przez wylatujące powietrze. Zastosowanie tłumików nie może powodować dodatkowego zagrożenia, tłumiki nie mogą być przyczyną powstawania szkodliwego przeciwiśnienia.

Zastosowanie w atmosferach zagrożonych wybuchem

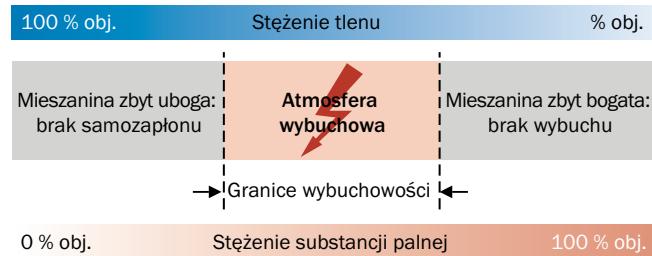
Ochrona przeciwwybuchowa zaliczana jest do wyjątkowo ważnych zadań pod względem bezpieczeństwa. W przypadku wybuchu zagrożeni są ludzie, np. przez niekontrolowane promieniowanie cieplne, płomień, fale ciśnienia i przelatujące elementy, a także przez szkodliwe produkty reakcji i zużycie niezbędnego do oddychania tlenu z otoczenia. Wybuchy i pożary nie należą do najczęstszych przyczyn wypadków przy pracy. Jednak ich skutki są spektakularne i związane często ze śmiercią ludzi oraz dużymi stratami ekonomicznymi.

W miejscach produkcji, transportu, przetwarzania i przechowywania pyłów, gazów palnych lub cieczy może powstawać atmosfera wybuchowa, tzn. mieszanina substancji palnych z powietrzem w obrębie granic wybuchowości. W przypadku pojawiienia się źródła zapłonu dochodzi do wybuchu.

2

Ocena zakresu niezbędnych środków ochronnych

Do oceny zakresu niezbędnych środków ochronnych podzielono obszary zagrożone wybuchem na strefy wg prawdopodobieństwa wystąpienia niebezpiecznej atmosfery wybuchowej – patrz dyrektywa 1992/92/WE, załącznik I.



Dane zamieszczone w poniżej tabeli nie dotyczą przemysłu górnictwa (eksploatacja odkrywkowa, eksploatacja podziemna).

Definicja stref				
Dla gazów	G	Strefa 2	Strefa 1	Strefa 0
Dla pyłów	D	Strefa 22	Strefa 21	Strefa 20
Atmosfera wybuchowa		Rzadko, krótkotrwale (< 10/rok)	Od czasu do czasu (10 - 100 h/rok)	Stale, często, długotrwałe (> 1000 h/rok)
Środek bezpieczeństwa		Normalny	Wysoki	Bardzo wysoki
Możliwa do zastosowania kategoria urządzeń (ATEX)				
1			II 1G/II 1D	
2			II 2G/II 2D	
3		II 3G/II 3D		

Oznaczenie

Urządzenia przeznaczone do zastosowania w ww. strefach muszą być odpowiednio wykonane, sprawdzone i oznaczone.

	II	2G	Ex ia	IIC	T4	Przykład: oznaczenie urządzenia Ex zgodnie z ATEX
						Klasa temperaturowa Możliwość zastosowania w temperaturze samozapalenia wynoszącej > 135 °C
						Grupa wybuchowości acetylen, dwusiarczek węgla, wodór
						Rodzaj ochrony i = samobezpieczne a = bezpieczeństwo przy dwóch usterkach
						Kategoria urządzeń (ATEX) Zastosowanie w strefie 1
						Grupa urządzeń Zastosowanie w obszarach niezagrożonych wybuchem gazów kopalnianych
						Symbol wykonania przeciwwybuchowego

- Dyrektywa ATEX: 1994/9/WE (obowiązująca do 19.04.2016), 2014/34/WE (obowiązująca od 20.04.2016)
- Normy: EN 1127-1, EN 60079-0

2

Podsumowanie: bezpieczny projekt

Mechanika, elektryka, obsługa

- Należy postępować zgodnie z podstawową zasadą, czyli w ogóle nie dopuszczać do powstawania zagrożeń.
- Projektować w taki sposób, aby personel zajmujący się obsługą możliwie minimalnie narażać na bezpieczeństwo w obszarze zagrożenia.
- Należy unikać zagrożeń związanych bezpośrednio z prądem elektrycznym (bezpośrednie lub pośrednie dotknięcie) lub powstających pośrednio z powodu uszkodzenia w układzie sterowania.

Postępowanie w sytuacji awaryjnej, zatrzymanie

- Należy zaplanować urządzenie sterujące przeznaczone do typowego zatrzymania całej maszyny podczas eksploatacji.
- Wykorzystywać zatrzymanie awaryjne do zatrzymania niebezpiecznego procesu lub ruchu.
- Wykorzystywać zatrzymanie awaryjne w sytuacji, gdy należy bezpiecznie oddzielić źródła energii stanowiące zagrożenie.

Kompatybilność elektromagnetyczna

- Maszyny należy projektować tak, aby spełniały wymagania dyrektywy w sprawie kompatybilności elektromagnetycznej. Stosowane elementy składowe należy wybierać i weryfikować tak, aby ...
 - nie wywoływały zakłóceń elektromagnetycznych, które mogą zakłócać działanie innych urządzeń lub instalacji
 - ze swojej strony były odporne na spodziewane zakłócenia.

Krok 3. Techniczne środki ochronne

Techniczne środki ochronne realizuje się za pomocą:

- urządzeń ochronnych będących elementem funkcji bezpieczeństwa, np. osłon, drzwi ochronnych, kurtyn świetlnych, urządzeń sterowania oburęcznego,
- urządzeń kontrolnych i ograniczających (pozycja, prędkość itp.) lub
- środków stosowanych w celu obniżenia emisji.

Nie wszystkie urządzenia ochronne połączają się do układu sterowania maszyny. Przykładem są osłony stałe (bariry, przegrody). Prawidłowe zaprojektowanie urządzeń ochronnych umożliwia spełnienie wymagań w zakresie bezpieczeństwa.

Bezpieczeństwo funkcjonalne

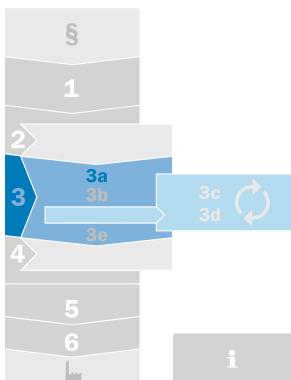
O bezpieczeństwie funkcjonalnym mówi się wszędzie tam, gdzie działanie środka ochronnego zależy od prawidłowego działania układu sterowania. W celu realizacji bezpieczeństwa funkcjonalnego należy zdefiniować funkcje bezpieczeństwa, określić wymagany poziom bezpieczeństwa, a następnie przełożyć to na prawidłowe elementy składowe i zweryfikować.

Walidacja

Walidacja wszystkich technicznych środków ochronnych zapewnia niezawodne działanie prawidłowych funkcji bezpieczeństwa.

Zaprojektowanie środków ochronnych i funkcji bezpieczeństwa oraz metodyka ich przełożenia na technikę sterowania stanowi treść następnego rozdziału (kroki częściowe od 3a do 3e).





Krok 3a. Określenie funkcji bezpieczeństwa

Funkcja bezpieczeństwa określa, jak można zmniejszyć ryzyko za pomocą środków bezpieczeństwa technicznego. Dla każdego zagrożenia, którego nie można usunąć w sposób konstrukcyjny, należy zdefiniować funkcję bezpieczeństwa. Dokładne zdefiniowanie funkcji

bezpieczeństwa jest konieczne w celu uzyskania wymaganego bezpieczeństwa przy współmiernych nakładach. Z definicji funkcji bezpieczeństwa wynika rodzaj i liczba elementów składowych niezbędnych dla danej funkcji.

→ Przykłady definiowania funkcji bezpieczeństwa: Raport BGIA 2/2008 „Funktionsicherheit von Maschinensteuerungen” („Funkcjonalne bezpieczeństwo systemów sterowania maszyn”)

Trwałe uniemożliwienie dostępu

Dostęp do miejsca zagrożenia zostaje uniemożliwiony za pomocą osłon, barier i przegród – są to elementy określane wspólnym pojęciem „osłony”.

Przykłady:

- Uniemożliwienie bezpośredniego kontaktu z miejscem zagrożenia za pomocą osłon
- Dystansujące urządzenia ochronne (np. tunele), zapobiegające dostępowi do miejsca zagrożenia i umożliwiające transport materiałów lub towarów (patrz rysunek)
- Uniemożliwienie dostępu całego ciała do obszaru zagrożenia za pomocą osłon



W tym rozdziale ...

Trwałe uniemożliwienie dostępu	3-2
Czasowe uniemożliwienie dostępu	3-2
Zatrzymywanie elementów, materiałów, promieniowania	3-3
Zainicjowanie zatrzymania	3-3
Zapobieganie niespodziewanemu uruchomieniu	3-4
Uniemożliwienie uruchomienia	3-4
Połączenie funkcji spowodowania zatrzymania i uniemożliwienia uruchomienia	3-4
Pozwolenie na przejście materiału	3-5
Kontrola parametrów maszyny	3-5
Ręczne wyłączenie funkcji na określony czas	3-6
Łączenie lub przełączanie funkcji bezpieczeństwa	3-6
Zatrzymanie w sytuacji awaryjnej	3-7
Wskaźniki i alarmy istotne dla bezpieczeństwa	3-7
Inne funkcje	3-8
Podsumowanie	3-8

Czasowe uniemożliwienie dostępu

Dostęp do miejsca zagrożenia zostaje uniemożliwiony do momentu przejścia maszyny do bezpiecznego stanu.

Przykłady:

- Na żądanie następuje zatrzymanie pracy maszyny. Odblokowanie dostępu przez zwolnenie elementu ryglującego następuje po przejściu maszyny do bezpiecznego stanu.

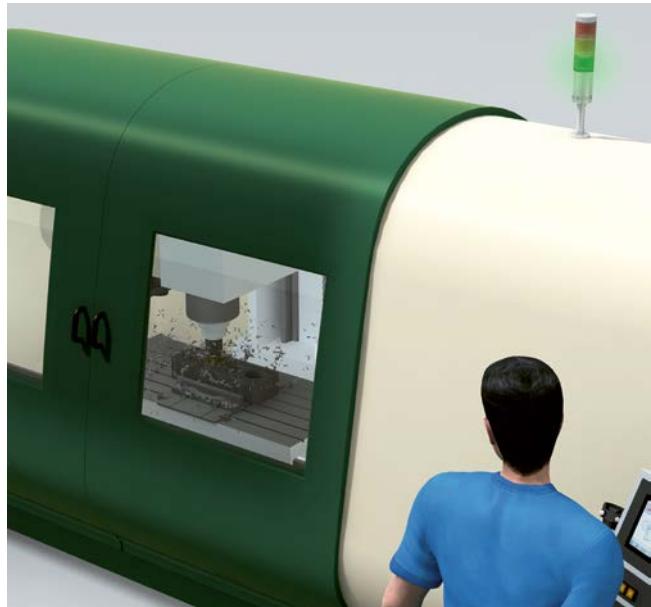


Zatrzymywanie elementów, materiałów, promieniowania

Jeśli istnieje możliwość wyrzucania elementów z maszyny lub wystąpienia promieniowania, należy zastosować mechaniczne urządzenia ochronne (osłony), pozwalające na unikanie występujących przy tym zagrożeń.

Przykłady:

- W przypadku tokarki pokrywa ochronna ze specjalnym oknem, chroniąca przed wylatującymi wiórami i częściami narzędzi (patrz rysunek)
- Ogrodzenie, które może zatrzymać ramię robota

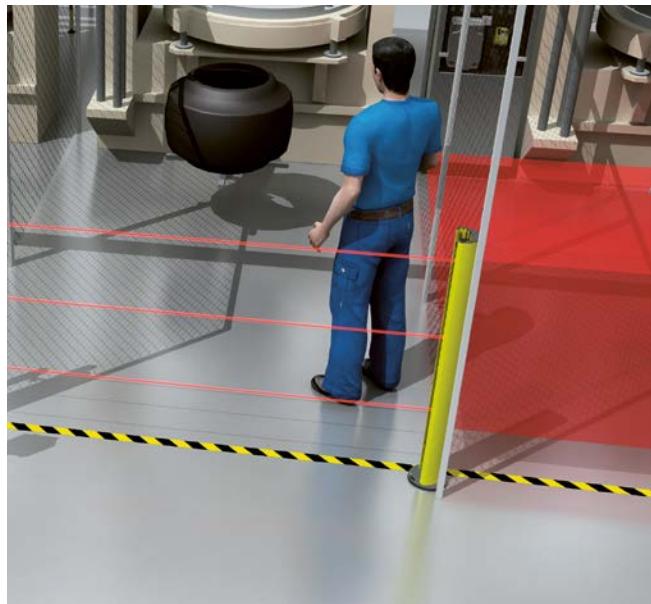


Zainicjowanie zatrzymania

Związana z bezpieczeństwem funkcja zatrzymania powoduje przejście maszyny do bezpiecznego stanu w przypadku pojawienia się takiego żądania (np. zbliżenie się człowieka). W celu skrócenia czasu zatrzymania zalecane jest wykonanie funkcji zatrzymania zgodnie z kategorią zatrzymania 1 (IEC 60204-1 → 2-9). W razie potrzeby mogą być konieczne dodatkowe funkcje bezpieczeństwa, które uniemożliwiają niespodziewane ponowne uruchomienie.

Przykłady:

- Otwarcie drzwi ochronnych z urządzeniem blokującym bez elementu ryglującego
- Przerwanie promieni świetlnych wielowiązkowej bariery bezpieczeństwa, która zabezpiecza dostęp (patrz rysunek)

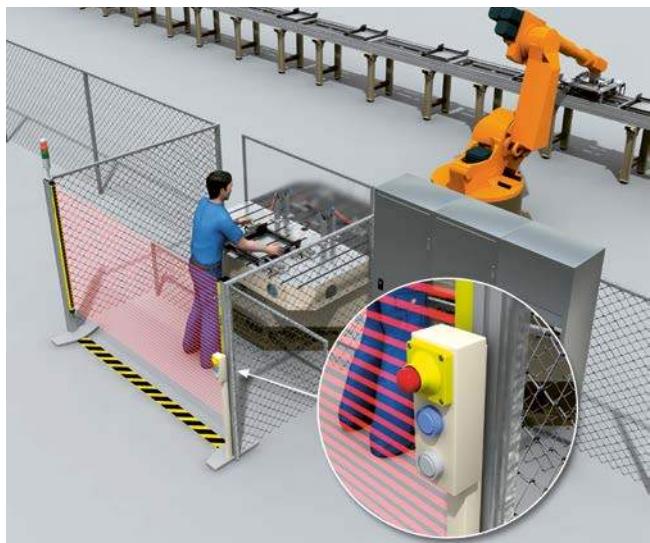


Zapobieganie niespodziewanemu uruchomieniu

Po zadziałaniu funkcji „Zainicjowanie zatrzymania” lub po włączeniu maszyny niezbędne jest wykonanie świadomych czynności powodujących rozruch maszyny. Należy do nich ręczne zresetowanie urządzenia ochronnego w celu przygotowania maszyny do ponownego uruchomienia (patrz także rozdział „Stosowanie funkcji resetowania i ponownego uruchamiania” → 3-65).

Przykłady:

- Resetowanie optycznego urządzenia ochronnego (patrz rysunek: niebieski przycisk „Reset”)
- Resetowanie urządzenia zatrzymania awaryjnego
- Ponowne uruchomienie maszyny dopiero wtedy, gdy działają wszystkie niezbędne urządzenia ochronne



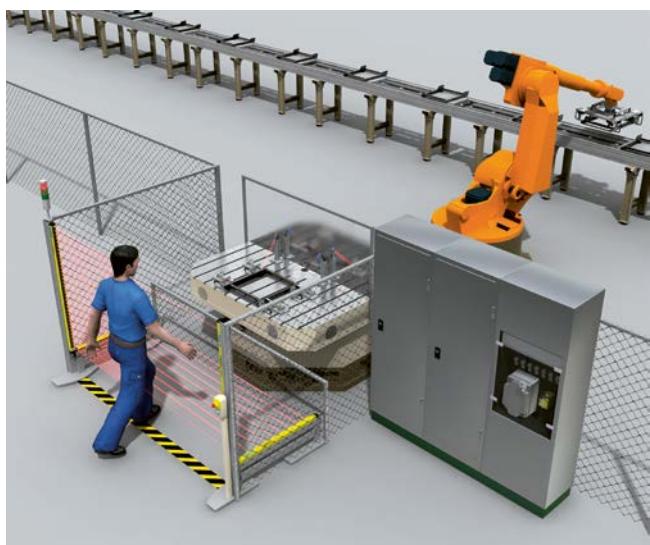
Uniemożliwienie uruchomienia

**3
a**

Po zadziałaniu funkcji bezpieczeństwa „Zainicjowanie zatrzymania” uruchomienie lub ponowy rozruch maszyny jest uniemożliwiony za pomocą środków technicznych tak dugo, jak długo w obszarze zagrożenia przebywają ludzie.

Przykłady:

- Systemy kluczów sterujących
- Detekcja w aktywnym polu ochronnym zamontowanej poziomo optycznej kurtyny bezpieczeństwa (patrz rysunek). Funkcja „Zainicjowanie zatrzymania” jest realizowana za pomocą pionowego pola ochronnego optycznej kurtyny bezpieczeństwa.



Połączenie funkcji zainicjowanie zatrzymania i uniemożliwienia uruchomienia

Za pomocą tego samego urządzenia ochronnego, które powoduje zatrzymanie, następuje uniemożliwienie ponownego uruchomienia przez cały czas przebywania ludzi lub części ciała ludzkiego w obszarze zagrożenia.

Przykłady:

- Urządzenie sterowania oburęcznego na stanowisku pracy dla jednej osoby
- Zastosowanie kurtyny optycznej uniemożliwiającej ominięcie zabezpieczeń lub sięgnięcie (zabezpieczenie miejsca zagrożenia)
- Zastosowanie skanera laserowego zabezpieczającego dany obszar (patrz rysunek)

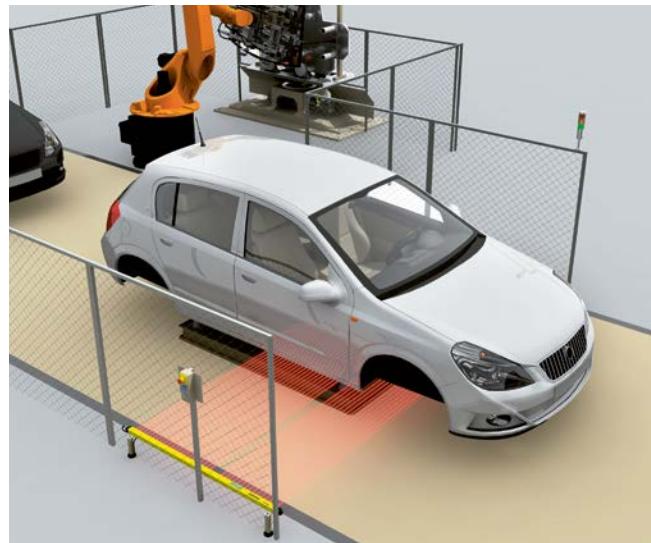


Pozwolenie na przejście materiału

W celu umożliwienia transportu materiału do lub z obszaru zagrożenia stosuje się specyficzne cechy doprowadzanego materiału, pozwalające na automatyczne odróżnianie materiału od człowieka. W takim przypadku urządzenie ochronne nie reaguje podczas transportu materiału, ale rozpoznaje ludzi.

Przykłady:

- Odpowiedni dobór czujników i ustawienie ich we właściwym położeniu umożliwia rozpoznawanie materiału, a podczas transportu materiału funkcja bezpieczeństwa jest tymczasowo zawieszona (**muting**).
- Poziome kurtyny optyczne ze zintegrowanym algorytmem do **odróżniania człowieka od materiału** (patrz rysunek)
- Przełączanie pola ochronnego laserowego skanera bezpieczeństwa



→ Szczegółowy opis – patrz rozdział „Funkcje bezpieczeństwa, które można zintegrować z elektroczułym wyposażeniem ochronnym” → 3-38.

Kontrola parametrów maszyny

W niektórych zastosowaniach konieczne jest kontrolowanie różnych parametrów maszyny pod kątem wartości granicznych bezpieczeństwa. W chwili przekroczenia wartości granicznej następuje zastosowanie odpowiednich środków (np. zatrzymanie, sygnał ostrzegawczy).

Przykłady:

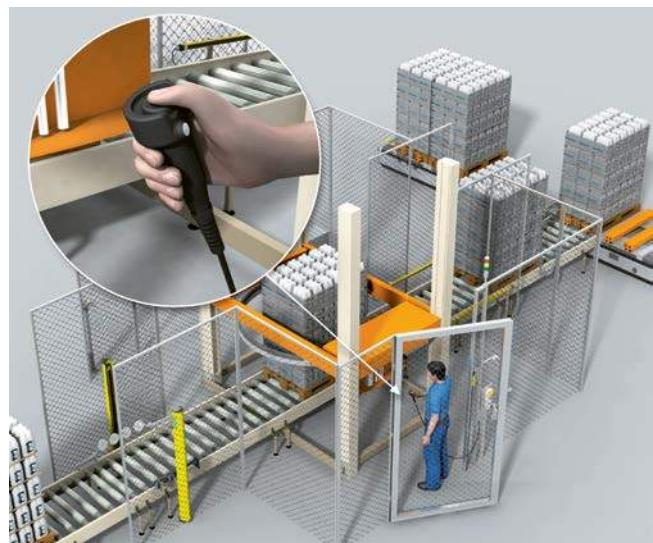
- Kontrola prędkości, temperatury lub ciśnienia
- Kontrola pozycji (patrz rysunek)



Ręczne wyłączenie funkcji bezpieczeństwa na określony czas

Jeśli podczas prac nastawczych lub obserwacji procesu wymagana jest praca maszyny przy wyłączonym działaniu ochronnym urządzeń ochronnych, jest to możliwe tylko wówczas, gdy spełnione są następujące warunki:

- przełącznik trybu pracy został ustawiony w odpowiednim położeniu
- sterowanie automatyczne zablokowane, brak ruchów maszyny spowodowanych bezpośrednim lub pośrednim działaniem czujników
- nie jest możliwe wykonywanie sekwencji poleceń
- niebezpieczne funkcje maszyny są możliwe tylko przy naciśnięciu i przytrzymaniu urządzeń sterujących (np. przycisków zezwalających)
- niebezpieczne funkcje maszyny są możliwe tylko przy zredukowanym ryzyku (np. ograniczenie prędkości, drogi ruchu, czasu wykonywania funkcji)



Przykłady:

- Wykonanie ruchu możliwe tylko z aktywnym przyciskiem zezwolenia oraz przy zredukowanej prędkości

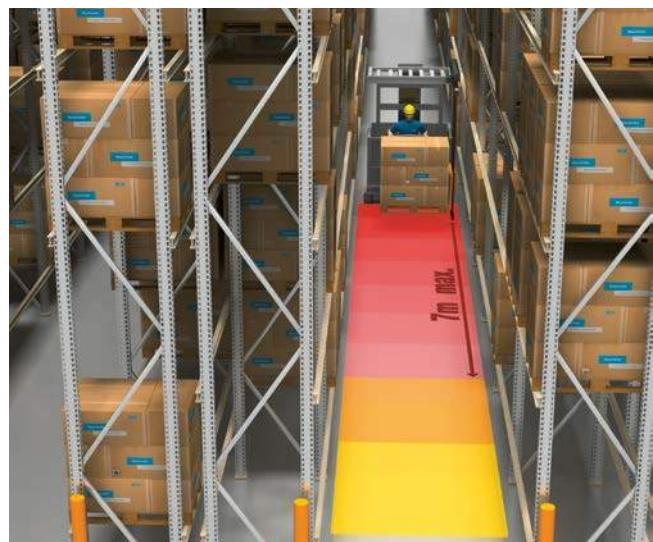
**3
a**

Łączenie lub przełączanie funkcji bezpieczeństwa

Maszyna może przechodzić w różne stany lub pracować w różnych trybach. Mogą być przy tym wykorzystywane różne środki bezpieczeństwa lub mogą zostać połączone ze sobą różne funkcje bezpieczeństwa. Należy przy tym zadbać o uzyskanie niezbędnego poziomu bezpieczeństwa. Przełączanie trybów pracy lub wybór i dopasowanie różnych środków bezpieczeństwa nie może prowadzić do powstania niebezpiecznego stanu.

Przykłady:

- Po zmianie trybu pracy z trybu ustawiania na tryb normalny następuje zatrzymanie maszyny. Konieczne jest ponowne, ręczne polecenie uruchomienia.
- Dopasowanie obszaru monitorowanego przez skaner laserowy do prędkości pojazdu (patrz rysunek)



Zatrzymanie w sytuacji awaryjnej

Zatrzymanie w sytuacji awaryjnej (zatrzymanie awaryjne) jest uzupełniającym środkiem ochronnym, a nie podstawowym środkiem zmniejszania ryzyka.

W zależności od oceny ryzyka maszyny należy ustalić wymagany poziom bezpieczeństwa tej funkcji. W szczególności konieczne jest uwzględnienie wpływów środowiska (np. drgań, sposobu uruchomienia itp.) (patrz także rozdział „Postępowanie w sytuacji awaryjnej” → 3-46).



→ Patrz IEC 60204-1 i ISO 13850

Wskaźniki i alarmy istotne dla bezpieczeństwa

Wskaźniki istotne dla bezpieczeństwa to środki umożliwiające informowanie użytkownika, ostrzegające przed wystającymi zagrożeniami (np. zbyt dużą prędkością obrotową) lub ewentualnym ryzykiem resztkowym. Tego rodzaju sygnały mogą być użyte do ostrzegania operatorów, zanim zostaną uruchomione automatyczne środki ochronne.

- Urządzenia ostrzegawcze muszą być skonstruowane i umieszczone w taki sposób, aby możliwe było ich łatwe sprawdzenie.
- Informacja dla użytkownika musi zawierać nakaz regularnego sprawdzania urządzenia ostrzegawczego.
- Należy unikać zbyt dużej liczby sygnałów (nadmiaru bodźców), w szczególności w przypadku alarmów dźwiękowych.

Przykłady:

- wskaźniki blokad
- urządzenia ostrzegające przed rozruchem
- lampy mutingu



**3
a**

Inne funkcje

Inne funkcje mogą być realizowane także przez urządzenia związane z bezpieczeństwem, również wtedy, gdy nie są używane do ochrony ludzi. Nie wpływa to negatywnie na właściwe funkcje bezpieczeństwa.

Przykłady:

- Ochrona narzędzi lub maszyny
- Tryb taktowy (wyzwolenie cyklu → 3-40 i nast.)
- Stan urządzenia ochronnego jest wykorzystywany do zadań związanych z automatyką (np. do nawigacji)

Podsumowanie: określenie funkcji bezpieczeństwa

Należy określić, jakie funkcje bezpieczeństwa są konieczne do zmniejszenia ryzyka:

- Trwałe uniemożliwienie dostępu
- Czasowe uniemożliwienie dostępu
- Zatrzymywanie elementów, materiałów, promieniowania
- Zainicjowanie zatrzymania
- Uniemożliwienie uruchomienia
- Zapobieganie niespodziewanemu uruchomieniu
- Połączenie funkcji zainicjowanie zatrzymania i uniemożliwienia uruchomienia
- Odróżnianie człowieka od materiału
- Kontrola parametrów maszyny
- Ręczne wyłączenie funkcji bezpieczeństwa na określony czas
- Łączenie lub przełączanie funkcji bezpieczeństwa

3
a

Krok 3b. Określenie wymaganego poziomu bezpieczeństwa

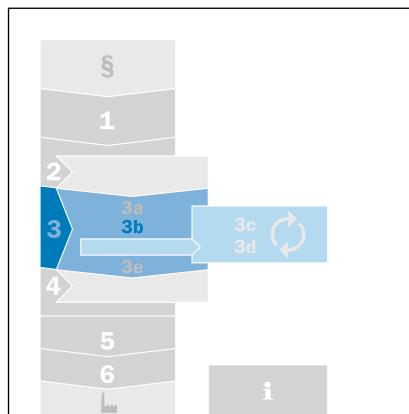
Z reguły w normach C (normy specyficzne dla maszyn) podany jest wymagany poziom bezpieczeństwa.

Wymagany poziom bezpieczeństwa należy określić oddzielnie dla każdej funkcji bezpieczeństwa; obowiązuje on wówczas dla wszystkich zastosowanych urządzeń, takich jak ...

- czujnik/urządzenie ochronne
- analizujący moduł logiczny
- element wykonawczy/elementy wykonawcze.

→ ISO 13849-1
→ IEC 62061

Jeśli dla odpowiedniej maszyny brak normy C lub w normie C nie istnieją odnośne dane, wymagany poziom bezpieczeństwa można określić w oparciu o jedną z następujących norm:



Poprzez zastosowanie norm zapewnia się wspólniomy stosunek nakładów na realizację do stwierdzonego ryzyka. Ochrona operatora wkładającego lub wyjmującego ręcznie elementy do/z prasy do metalu wymaga innego potraktowania niż ochrona operatora pracującego przy maszynie, przy której maksymalnym ryzykiem jest zakleszczenie palca. Ponadto, w różnych fazach eksploatacji tej samej maszyny mogą występować różne miejsca zagrożenia o różnym ryzyku. W takim przypadku należy oddzielnie określić funkcje bezpieczeństwa dla każdej fazy eksploatacji i każdego zagrożenia.

Podstawą dla wszystkich norm są następujące parametry do oceny ryzyka: stopień możliwego uszkodzenia ciała/uszczerbku na zdrowiu częstotliwość i/lub czas trwania zagrożenia możliwość uniknięcia zagrożenia. Połączenie parametrów określa wymagany poziom bezpieczeństwa. W przypadku stosowania procedur do określania poziomu bezpieczeństwa, opisanych w wyżej wymienionych normach, maszyna jest rozpatrywana bez urządzeń ochronnych.

**3
b**

W tym rozdziale ...

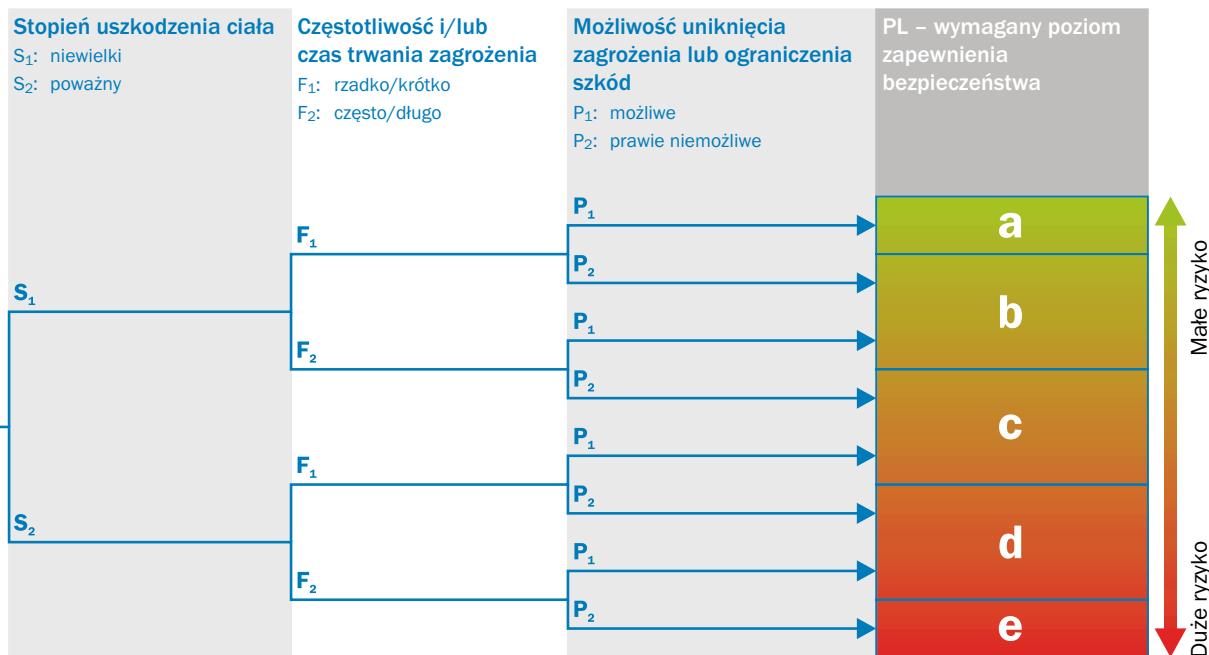
Wymagany poziom zapewnienia bezpieczeństwa (PLr) wg ISO 13849-1.....	3-10
Wymagany poziom nienaruszalności bezpieczeństwa (SIL) wg IEC 62061	3-11
Podsumowanie	3-12

Wymagany poziom zapewnienia bezpieczeństwa (PLr) wg ISO 13849-1

W tej normie do określania wymaganego poziomu bezpieczeństwa stosuje się także graf ryzyka. Do określania wielkości ryzyka wykorzystuje się te same parametry S, F i P.

Wynikiem procesu jest „wymagany poziom zapewnienia bezpieczeństwa” (PLr: required Performance Level).

**3
b**



Graf ryzyka wg normy ISO 13849-1

Poziom zapewnienia bezpieczeństwa (PL) jest podzielony na pięć dyskretnych poziomów. Zależy on od struktury systemu sterowania, niezawodności zastosowanych elementów, zdolności do rozpoznawania błędów, a także odporności na błędy spowodowane wspólną przyczyną w wielokanałowych układach sterowania (patrz rozdział „Parametry bezpieczeństwa technicznego dla podsystemów” → 3-16). Dodatkowo wymagane są inne środki umożliwiające uniknięcie błędów projektowania.

Wymagany poziom nienaruszalności bezpieczeństwa (SIL) wg IEC 62061

Stosowana jest tutaj procedura numeryczna. Ocenia się rozmiar szkód, częstotliwość lub czas przebywania w obszarze zagrożenia oraz możliwość uniknięcia. Ponadto uwzględnia się

prawdopodobieństwo wystąpienia niebezpiecznego zdarzenia. Wynikiem jest wymagany poziom nienaruszalności bezpieczeństwa (SIL).

Skutki	Rozmiar szkód S	Klasa K = F + W + P				
		4	5-7	8-10	11-13	14-15
Śmierć, utrata oka lub ręki	4	SIL2	SIL2	SIL2	SIL3	SIL3
Trwałe, utrata palców	3			SIL1	SIL2	SIL3
Odwracalne, opieka medyczna	2				SIL1	SIL2
Odwracalne, pierwsza pomoc	1					SIL1

Częstotliwość ¹⁾ występowania niebezpiecznego zdarzenia F	Prawdopodobieństwo wystąpienia niebezpiecznego zdarzenia W	Możliwość uniknięcia niebezpiecznego zdarzenia P
F ≥ 1 × na godzinę	5	
1 × na godzinę > F ≥ 1 × na dzień	5	
1 × na dzień > F ≥ 1 × na 2 tygodnie	4	
1 × na 2 tygodnie > F ≥ 1 × na rok	3	
1 × na rok > F	2	

1) obowiązuje dla pobytu trwającego ponad 10 min

Wyznaczenie SIL odbywa się w następujący sposób:

1. Określić rozmiar szkód S.
2. Określić punkty dla częstotliwości F, prawdopodobieństwa W i uniknięcia P.
3. Z sumy F + W + P obliczyć klasę K.
4. Wymagany poziom nienaruszalności bezpieczeństwa (SIL) jest punktem przecięcia wiersza „Rozmiar szkód S” i kolumny „Klasa K”.

Poziom nienaruszalności bezpieczeństwa (SIL) jest podzielony na trzy dyskretne poziomy. Zrealizowany poziom nienaruszalności bezpieczeństwa (SIL) zależy od struktury systemu sterowania, niezawodności zastosowanych elementów, zdolności do rozpoznawania błędów, a także odporności na błędy spowodowane wspólną przyczyną w wielokanałowych układach sterowania. Dodatkowo wymagane są inne środki umożliwiające uniknięcie błędów projektowania (patrz rozdział „Parametry bezpieczeństwa technicznego dla podsystemów” → 3-16).

Zakres zastosowania norm ISO 13849-1 i IEC 62061

Zarówno norma ISO 13849-1, jak i IEC 62061 definiują wymagania dotyczące projektowania i wykonania elementów systemów sterowania związanych z bezpieczeństwem. Użytkownik ma możliwość wyboru istotnych norm odpowiednio do zastosowanej technologii, zgodnie z danymi zawartymi w umieszczonej obok tabeli.

Technologia	ISO 13849-1	IEC 62061
Hydraulika	Możliwość zastosowania	Brak możliwości zastosowania
Pneumatyka	Możliwość zastosowania	Brak możliwości zastosowania
Mechanika	Możliwość zastosowania	Brak możliwości zastosowania
Elektryka	Możliwość zastosowania	Możliwość zastosowania
Elektronika	Możliwość zastosowania	Możliwość zastosowania
Elektronika programowalna	Możliwość zastosowania	Możliwość zastosowania

Podsumowanie: określenie wymaganego poziomu bezpieczeństwa

Informacje ogólne

- Należy określić wymagany poziom bezpieczeństwa dla każdej funkcji bezpieczeństwa.
- Parametry „Stopień możliwego uszkodzenia ciała”, „Częstotliwość oraz czas trwania zagrożenia” i „Możliwość uniknięcia zagrożenia” określają wymagany poziom bezpieczeństwa.

Stosowane normy

- W normie ISO 13849-1 do określania wymaganego poziomu bezpieczeństwa stosowany jest graf ryzyka. Wynikiem procesu jest „wymagany poziom zapewnienia bezpieczeństwa” (PL_r).
- Normę ISO 13849-1 można stosować także w zakresie hydrauliki, pneumatyki i mechaniki.
- W normie IEC 62061 stosuje się procedurę numeryczną. Wynikiem jest wymagany poziom nienaruszalności bezpieczeństwa (SIL).

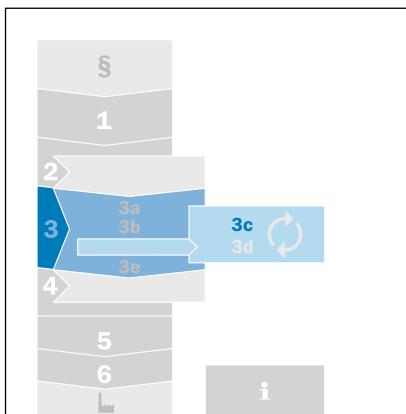
3
b

Krok 3c. Projektowanie funkcji bezpieczeństwa

Kroki 3c i 3d opisują projektowanie i weryfikację funkcji bezpieczeństwa poprzez wybór właściwej technologii, odpowiednich urządzeń ochronnych i elementów

składowych. W pewnych warunkach kroki te należy wykonać w procesie iteracyjnym, czyli kilkakrotnie.

Należy zawsze sprawdzać, czy wybrana technologia zapewnia wystarczające bezpieczeństwo i jest technicznie możliwa do zrealizowania, czy też poprzez zastosowanie określonej technologii powstaje inne lub dodatkowe ryzyko.



Tworzenie koncepcji bezpieczeństwa

Maszyna lub urządzenie składa się z różnych współdziałających ze sobą elementów składowych, które zapewniają działanie maszyny lub urządzenia.

Należy przy tym rozróżnić elementy składowe pełniące typowe zadania związane z użytkowaniem i takie, które realizują funkcje bezpieczeństwa technicznego.

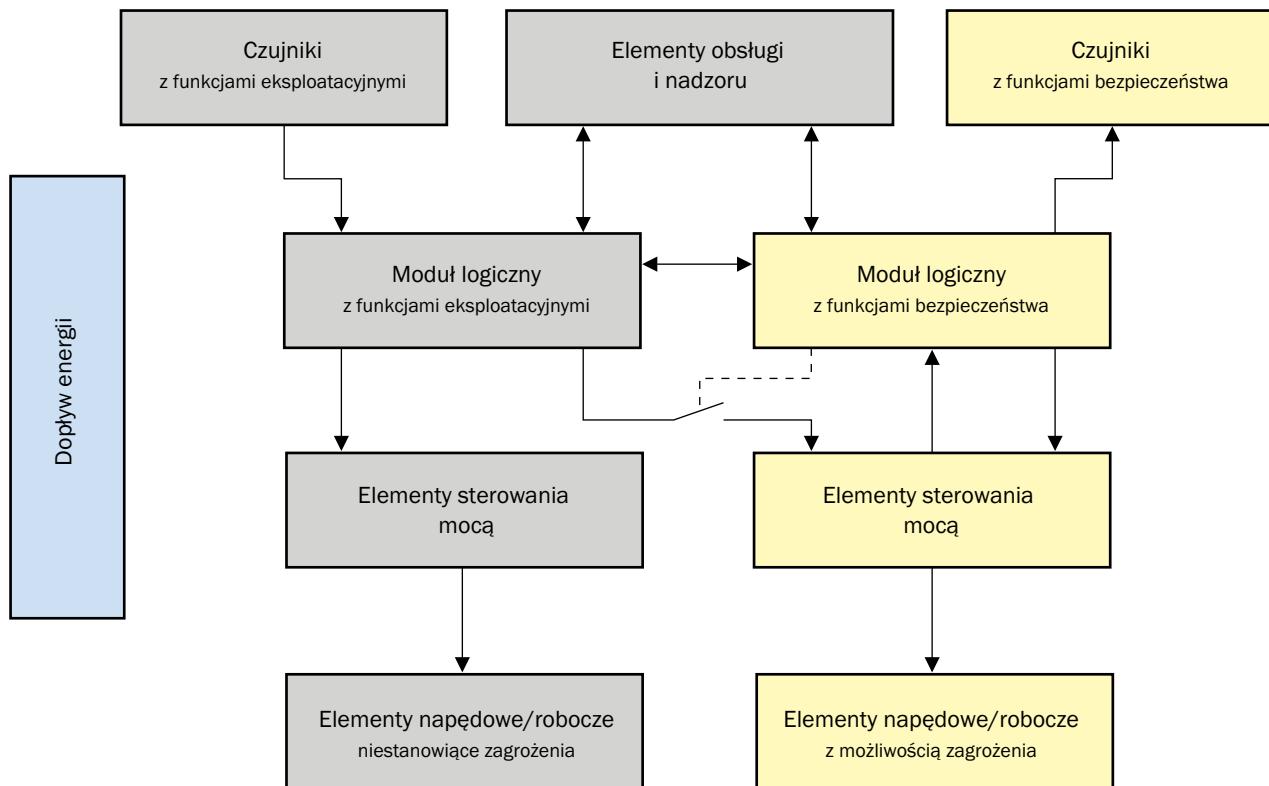
- Szczegóły dotyczące koncepcji bezpieczeństwa: Raport BGIA 2/2008, „Funktionale Sicherheit von Maschinensteuerungen” („Funkcjonalne bezpieczeństwo systemów sterowania maszyn”) na stronie internetowej www.dguv.de/ifa/de/pub

**3
c**

W tym rozdziale ...

Tworzenie koncepcji bezpieczeństwa.....	3-13
Struktura funkcyjna układu sterowania maszyny	3-14
Technologia, wybór i stosowanie technicznych środków ochronnych	3-19
Umiejscowienie i dobór parametrów urządzeń ochronnych	3-47
Stosowanie funkcji resetowania i ponownego uruchamiania	3-65
Integracja z układem sterowania ..	3-66
Hydrauliczne i pneumatyczne układy sterowania	3-78
Pneumatyka systemów bezpieczeństwa.....	3-80
Przegląd produktów techniki bezpieczeństwa.....	3-81
Podsumowanie	3-82

Struktura funkcyjna układu sterowania maszyny



3
C

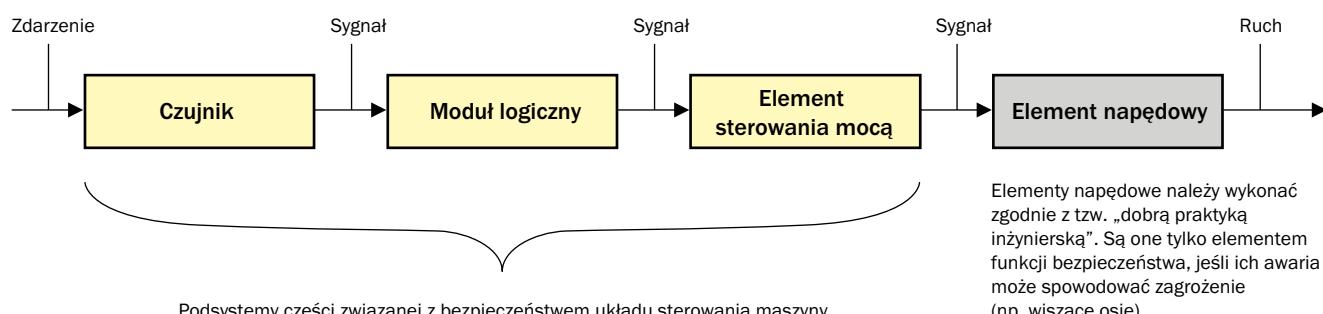
Elementy układów sterowania odpowiedzialne za bezpieczeństwo, takie jak czujniki, moduły logiczne, elementy sterowania mocą, a także elementy napędowe i robocze należy dobrać odpowiednio do funkcji zabezpieczeń i wymaganego poziomu bezpieczeństwa. Wybór ten ma z reguły formę koncepcji bezpieczeństwa.

Funkcja bezpieczeństwa może być realizowana za pomocą jednego lub kilku elementów składowych związanych z bezpieczeństwem. Kilka funkcji bezpieczeństwa może korzystać jednocześnie z jednego lub kilku takich elementów składowych. Układy sterowania powinny być projektowane w taki sposób, aby zapobiegać niebezpiecznym sytuacjom. Uruchomienie maszyny może następować wyłącznie po zamierzonym wydaniu polecenia za pomocą przewidzianego w tym celu urządzenia sterującego.

Jeśli ponowne uruchomienie maszyny stwarza niebezpieczeństwo, wówczas musi być ono technicznie wykluczone w razie włączenia napięcia zasilającego.

Jeśli ponowne uruchomienie nie stwarza niebezpieczeństwa, wówczas może ono mieć miejsce bez ingerencji operatora (może się odbywać automatycznie).

Podsystemy części układu sterowania maszyny związane z bezpieczeństwem



Decydujące cechy

Wyszczególnione niżej cechy należy uwzględnić przy tworzeniu koncepcji bezpieczeństwa:

- cechy maszyny
- cechy otoczenia
- czynniki ludzkie
- cechy projektu
- cechy urządzeń ochronnych (→ 3-19)

W zależności od tych cech należy określić, jakie urządzenia ochronne są potrzebne i w jaki sposób powinny być wykorzystane.

Cechy maszyny

Należy uwzględnić przedstawione niżej cechy maszyny:

- zdolność do zatrzymania niebezpiecznego ruchu w każdej chwili (jeśli to niemożliwe, należy stosować osłony lub urządzenia ochronne niwelujące zagrożenie);
- zdolność do zatrzymania niebezpiecznego ruchu bez dodatkowego narażenia (jeśli to niemożliwe, wybrać inną konstrukcję lub inne urządzenie ochronne);
- możliwość narażenia przez wyrzucane części (jeśli tak, stosować osłony);
- czasy zatrzymania (znajomość czasów zatrzymania jest konieczna do zapewnienia skuteczności urządzenia ochronnego);
- możliwość kontroli czasu zatrzymania bądź wybiegu (konieczne w sytuacji, gdy mogą wystąpić zmiany związane z procesem starzenia i zużycia).

Cechy otoczenia

Należy uwzględnić przedstawione niżej cechy otoczenia:

- zakłócenia elektromagnetyczne, promieniowanie zakłócające;
- drgania, wstrząsy;
- światło zewnętrzne, światło zakłócające działanie czujników, iskry towarzyszące spawaniu;
- powierzchnie lustrzane;
- zabrudzenie (opary, wióry);
- zakres temperatur;
- wilgotność, warunki atmosferyczne.

Czynniki ludzkie

Należy uwzględnić przedstawione niżej czynniki ludzkie:

- przewidywane kwalifikacje operatora maszyny,
- przewidywane przemieszczanie się ludzi,
- prędkość zbliżania się (K),
- możliwości obejścia urządzeń ochronnych,
- możliwe do przewidzenia niewłaściwe użycie.

Cechy projektu

Zasadniczo zaleca się realizowanie funkcji bezpieczeństwa za pomocą certyfikowanych elementów zabezpieczających. Ułatwia to proces projektowania i późniejszą weryfikację. Funkcja bezpieczeństwa jest zwykle realizowana przez kilka podsystemów. Często nie ma możliwości zrealizowania podsystemu przy użyciu wyłącznie certyfikowanych elementów zabezpieczających, które od razu pozwalają określić poziom bezpieczeństwa (PL/SIL). W takiej sytuacji trzeba go często zbudować z kilku elementów dyskretnych. Poziom bezpieczeństwa zależy wówczas od różnych parametrów.

Parametry bezpieczeństwa technicznego dla podsystemów

Poziom bezpieczeństwa podsystemu zależy od różnych parametrów bezpieczeństwa technicznego, takich jak:

- struktura
- niezawodność elementów składowych i urządzeń
- diagnostyka w celu wykrywania defektów
- odporność na defekty o wspólnej przyczynie
- proces



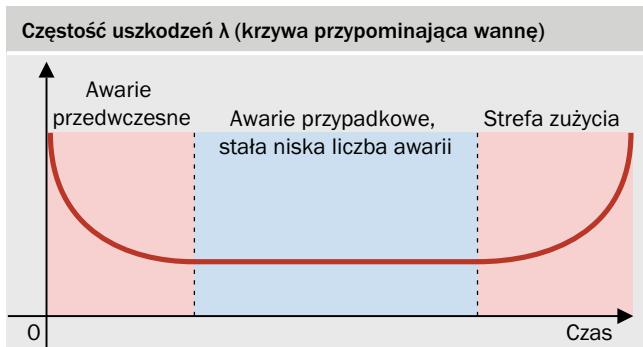
Struktura

Aby zmniejszyć podatność elementu zabezpieczającego na defekty poprzez ulepszenie struktury, funkcje bezpieczeństwa technicznego mogą być realizowane równolegle w kilku kanałach. W dziedzinie bezpieczeństwa maszyn typowe są dwukanałowe elementy zabezpieczające (patrz rysunek poniżej). Każdy kanał może zatrzymać niebezpieczny stan. Dwa kanały mogą być też zbudowane w różny sposób (jeden kanał zrealizowany z użyciem elementów elektromechanicznych, drugi na bazie samej elektroniki). Zamiast drugiego takiego samego kanału może on też pełnić wyłącznie funkcję kontrolną.

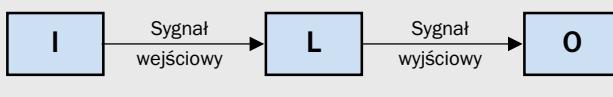
Niezawodność elementów składowych i urządzeń

Każda awaria elementu zabezpieczającego powoduje zakłócenie procesu produkcji. Dlatego ważne jest stosowanie niezawodnych elementów składowych. Wraz ze wzrostem niezawodności mniej prawdopodobne staje się niebezpieczne uszkodzenie. Dane opisujące niezawodność są miarą dla przypadkowych usterek wpływających na trwałość użytkową maszyny i zazwyczaj podawane są w następującej formie:

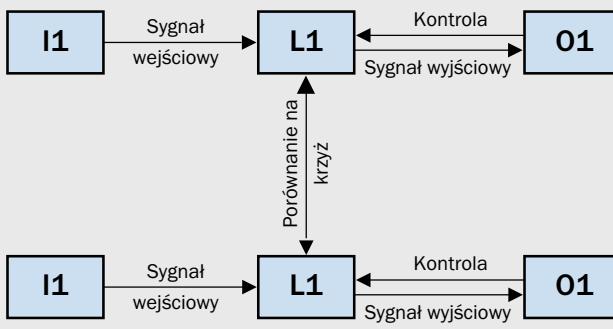
- Dla elementów elektromechanicznych lub pneumatycznych: **wartości B_{10}** . Trwałość użytkowa zależy w tym przypadku od częstotliwości przełączania. B_{10} określa liczbę cykli załączania, po której uszkodzeniu ulega 10% elementów składowych.
- Dla elementów elektronicznych: **częstość uszkodzeń λ** (wartość lambda). Częstość uszkodzeń jest często wyrażana w jednostkach FIT (Failures In Time). Jeden FIT to jedno uszkodzenie na 10^9 godzin.



Jednokanałowe elementy zabezpieczające



Dwukanałowe elementy zabezpieczające



Diagnostyka w celu wykrywania defektów

Pewne błędy można wykryć za pomocą środków diagnostycznych. Zalicza się do nich wzajemną kontrolę, monitorowanie prądu i napięcia, funkcje układu alarmowego, krótki test działania itp.

Nie ma możliwości wykrycia wszystkich błędów, dlatego należy określić miarę wykrywania błędów. W tym celu można przeprowadzić analizę możliwości wystąpienia błędów oraz ich wpływu (FMEA = Failure Mode Effects Analysis). Przy kompleksowych projektach pomocne mogą okazać się środki i wartości doswiadczałne podane w normach.

Odporność na defekty o wspólnej przyczynie

Usterki o wspólnej przyczynie to takie usterki, gdy np. uszkodzeniu ulegają równocześnie oba kanały z powodu wpływu czynników zakłócających.

Należy wówczas podjąć odpowiednie środki, np. osobne prowadzenie przewodów, obwody ochronne, zróżnicowanie części itp.

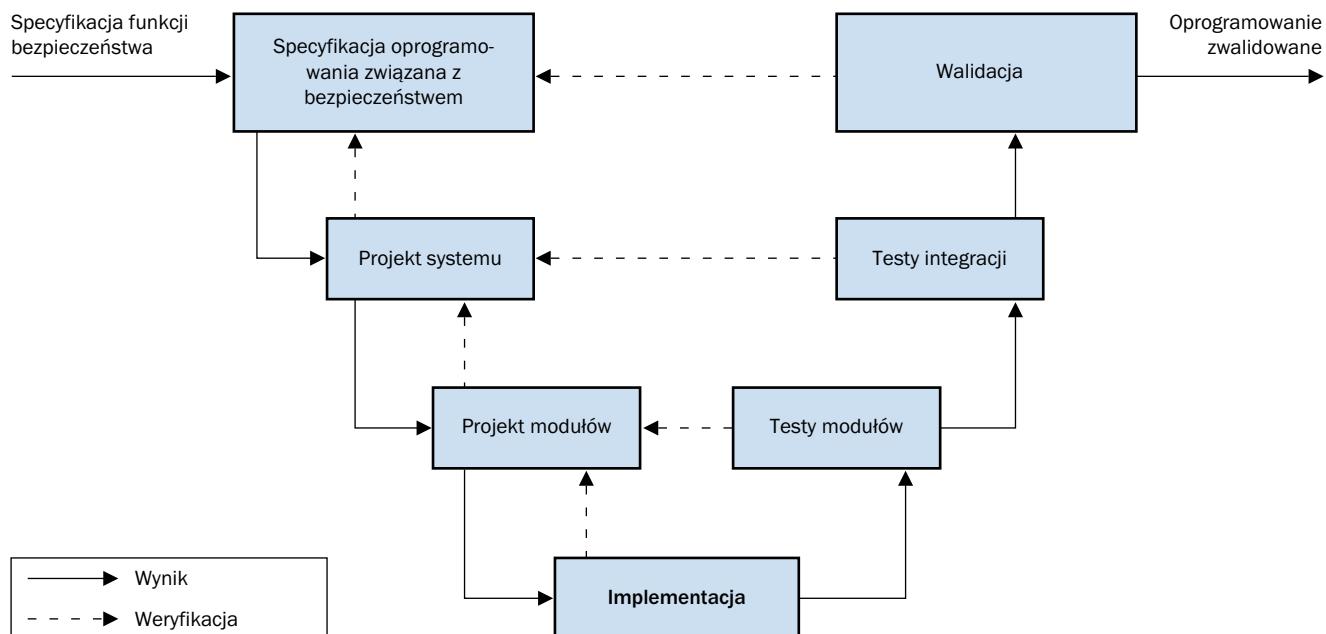
3
C

Proces

Proces obejmuje następujące czynniki:

- organizację i kompetencję
- zasady projektowania (np. wzory specyfikacji, wytyczne dotyczące programowania)
- koncepcję kontroli i jej kryteria
- dokumentację i zarządzanie konfiguracją

W dziedzinie techniki bezpieczeństwa, przede wszystkim w projektowaniu oprogramowania, sprawdził się proces według modelu V (patrz rysunek).

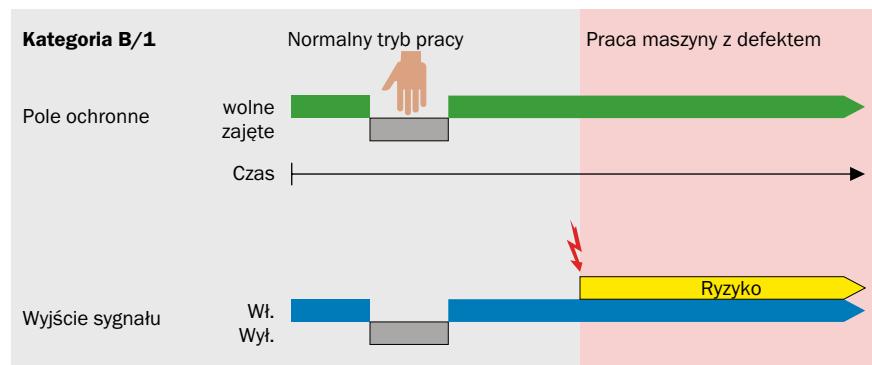


Techniczne środki ochronne ZMNIEJSZANIE RYZYKA

Analiza zgodnie z normą ISO 13849-1*

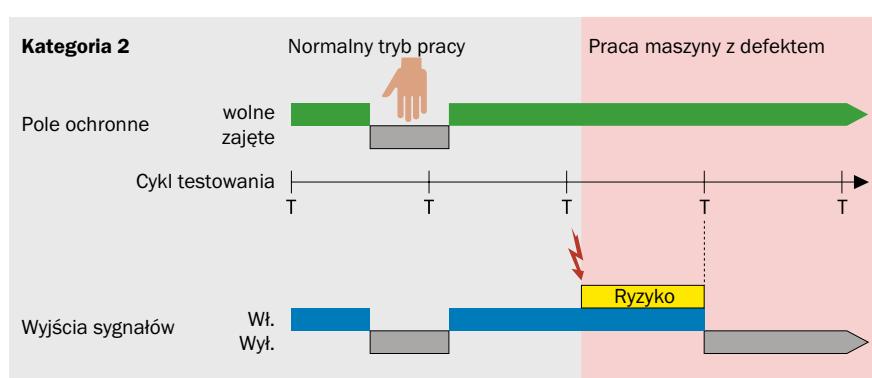
Struktura jest opisywana w normie ISO 13849-1 za pomocą poniżej przedstawionych kategorii.

* Uwaga: funkcja bezpieczeństwa jest zdefiniowana jako taka funkcja, której zawodność może prowadzić bezpośrednio do zwiększenia ryzyka. Dlatego też utrata funkcji bezpieczeństwa może być postrzegana jako występowanie ryzyka lub jego zwiększenie.



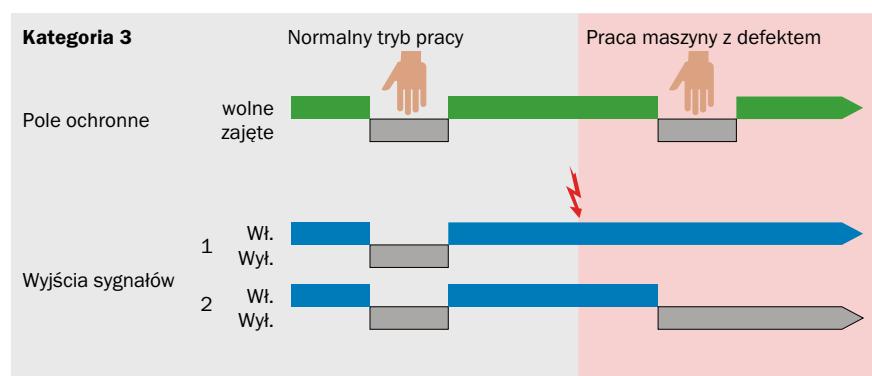
Kategoria B/kategoria 1

Brak wykrywania błędów. Błąd prowadzi do ryzyka.
Ryzyko można zminimalizować za pomocą niezawodnych i sprawdzonych elementów składowych (kategoria 1).



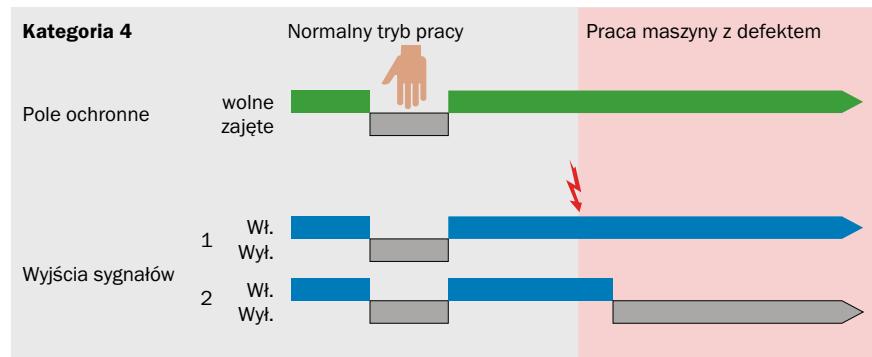
Kategoria 2

Wykrywanie błędów polega na testach. Ryzyko występuje w okresie pomiędzy wystąpieniem błędu a następnym testem. Częstość testów musi odpowiadać normie ISO 13849-1.



Kategoria 3

Funkcja bezpieczeństwa pozostaje zachowana w razie błędu. Błąd jest rozpoznawany albo w trakcie wykonywania funkcji bezpieczeństwa, albo podczas następnego testu. Nawiązanie błędów prowadzi do utraty funkcji bezpieczeństwa.



Kategoria 4

Funkcja bezpieczeństwa pozostaje zachowana pomimo wystąpienia błędu. W przeciwieństwie do kategorii 3, błędy będące następstwami niewykrycia pierwotnego błędu nie prowadzą do utraty funkcji bezpieczeństwa.

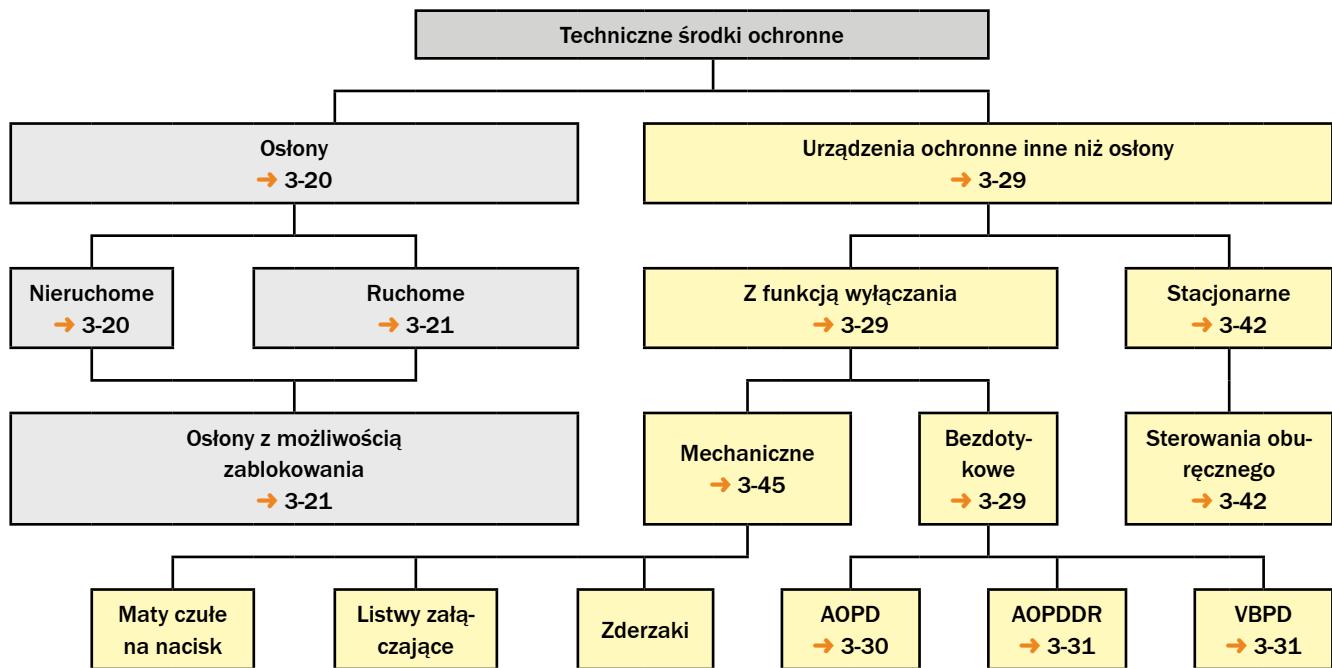
Cechy urządzeń ochronnych

Brane pod uwagę cechy urządzenia ochronnego to:

- właściwości i zastosowania urządzeń ochronnych (urządzenia elektrozułe, osłony itp. (→ 3-19 i nast.)
- umiejscowienie bądź dobór parametrów urządzeń ochronnych (→ 3-47)
- integracja w układzie sterowania (→ 3-66).

Powyzsze punkty są dokładnie opisane w kolejnych rozdziałach.

Technologia, wybór i stosowanie technicznych środków ochronnych



Osłony

Osłony to mechaniczne urządzenia ochronne, uniemożliwiające bezpośrednie sięganie częściami ciała do miejsc zagrożenia lub zapobiegające temu. Mogą być to osłony nieruchome lub ruchome. Pod ogólnym pojęciem osłony kryją się różne rodzaje pokryw oraz ogrodzenia, bariery, klapy, drzwi ochronne itp. Pokrywy i przykrycia uniemożliwiają dostęp ze wszystkich stron. Siatki ochronne stosowane są z reguły w celu uniemożliwienia dostępu całego ciała. W przeciwieństwie do tego bariery i zamknięcia pozwalają uniknąć jedynie niepożdanego lub nieświadomego dostępu do miejsc zagrożenia.

Funkcja bezpieczeństwa ma duże znaczenie przy planowaniu osłon. Czy osłona musi np. jedynie uniemożliwić dostęp, czy też zatrzymywać wyrzucane elementy/materiały i promieniowanie?

Przykłady wyrzucanych elementów:

- złamane/zerwane narzędzia (tarcze szlifierskie, wiertła);
- powstające odpady (pył, wióry, odłamki, cząstki);
- wydostające się substancje (olej hydrauliczny, sprężone powietrze, środki smarne, tworzywa);
- części wyrzucane w razie awarii systemu chwytowego lub manipulatorowego.

Przykłady występującego promieniowania:

- promieniowanie cieplne towarzyszące procesom lub produktom (gorące powierzchnie);
- promieniowanie optyczne z lasera oraz źródeł IR lub UV;
- promieniowanie cząsteczkowe lub jonowe;
- silne pola elektromagnetyczne, aparatura wysokiej częstotliwości;
- wysokie napięcie układów kontrolnych lub układów do odprowadzania ładunków elektrostatycznych (papier i tworzywo sztuczne).

Wymagania mechaniczne w stosunku do osłon, których zadaniem jest zatrzymanie promieniowania lub materiałów, muszą być z reguły wyższe niż w stosunku do osłon uniemożliwiających dostęp ludzi.

Uszkodzenie (złamanie lub deformacja) osłony jest dozwolone w przypadkach, gdy ocena ryzyka wykaże, że nie spowoduje to powstania dodatkowych zagrożeń.

Podstawowe wymagania dotyczące osłon

- Aby urządzenia ochronne mogły sprostać oczekiwany obciążeniom eksploatacyjnym w danym środowisku, muszą być odpowiednio mocne i wytrzymałe. Cechy osłon muszą być zachowane przez cały okres użytkowania maszyn.
- Nie mogą one powodować dodatkowych zagrożeń.
- Nie może istnieć możliwość ich łatwego obejścia ani dezaktywacji.

- Nie mogą ograniczać widoczności procesu roboczego bardziej niż to konieczne, o ile obserwacja procesu jest konieczna.
- Muszą być trwale przymocowane w swoim miejscu.
- Muszą być przymocowane za pomocą systemów możliwych do otwarcia tylko przy użyciu narzędzi lub muszą być blokowane w położeniu zamkniętym z chwilą rozpoczęcia niebezpiecznego ruchu.
- Jeśli to możliwe, po zwolnieniu zamocowania nie mogą pozostać w pozycji zapewniającej ochronę.

→ Osłony: ISO 14120

→ Zasady projektowania bezpiecznych maszyn: ISO 12100 (norma A)

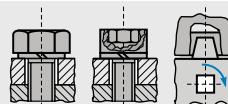
Zamocowanie osłon

Osłony, które nie są często zdejmowane lub otwierane, względnie są zdejmowane lub otwierane tylko na czas prac konserwacyjnych, muszą być zasadniczo połączone z ramą maszyny w sposób pozwalający na ich otwarcie tylko za pomocą narzędzia (np. klucz płaski, klucz do zamka). Ich usunięcie musi być związane z procesem montażowym, do którego niezbędne jest użycie narzędzi.

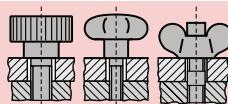
Elementy montażowe osłon muszą być zaprojektowane w sposób uniemożliwiający ich zgubienie (np. śruby niemożliwe do wymontowania).

Inne sposoby mocowania, takie jak szybkozłączka, śruby z uchwytnymi, śruby skrzydełkowe i śruby z łączem radełkowym są dopuszczalne tylko w sytuacji, gdy osłony są blokowane.

Przykładowe sposoby mocowania osłon



Dopuszczalne



Niedopuszczalne

Osłony ruchome

Ruchome urządzenia ochronne, często lub regularnie otwierane bez narzędzi (np. w celu przebrojenia), muszą być funkcjonalnie sprzężone z niebezpiecznym ruchem (blokada, ryglowanie). O „częstym” otwieraniu mówi się np. wtedy, gdy urządzenie ochronne jest otwierane przynajmniej raz w ciągu zmiany na stanowisku pracy.

Jeśli przy otwieraniu urządzeń ochronnych należy liczyć się z zagrożeniem, (np. bardzo długi czas dobiegu), to konieczne jest zastosowanie blokad.

Wymagania w zakresie ergonomii osłon ruchomych

Przy projektowaniu urządzeń ochronnych duże znaczenie mają aspekty ergonomiczne. Urządzenia ochronne są akceptowane przez pracowników tylko wtedy, gdy nie utrudniają przebrzania, prac serwisowych i podobnych w stopniu większym, niż to konieczne. Osłony ruchome muszą spełniać następujące kryteria ergonomiczne:

- łatwe otwieranie i zamykanie, podnoszenie lub przesuwanie (np. jedną ręką);
- funkcjonalny uchwyt;
- otwarte urządzenia ochronne powinny umożliwiać wymagany dostęp w wygodny sposób.

Blokowanie osłon

Osłony muszą być blokowane, gdy:

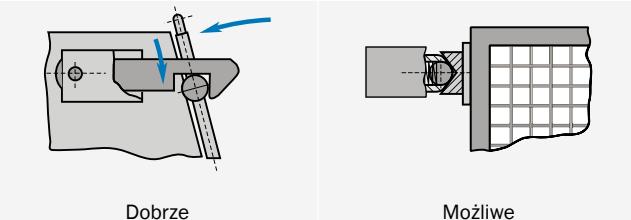
- są cyklicznie uruchamiane lub regularnie otwierane (drzwi, klapy);
- można je usunąć bez narzędzi lub w łatwy sposób (np. pokrywy);
- chronią przed zagrożeniem o dużym potencjale.

Blokowanie oznacza, że otwarcie osłony jest przekształcane w sygnał elektryczny, który powoduje zatrzymanie niebezpiecznego ruchu. Osłony są zazwyczaj blokowane elektrycznie za pomocą wyłączników pozycyjnych.

Mechaniczne przytrzymywanie otwartych osłon ruchomych

O ile to możliwe, osłony ruchome muszą być połączone z maszyną w sposób umożliwiający ich bezpieczne utrzymywanie w pozycji otwartej przez zawiasy, prowadnice itp. Należy preferować mechanizmy zapadkowe, których działanie wynika z ich kształtu. Mechanizmy wykorzystujące siłę tarcia (np. zaczepy kulkowe) nie są zalecane ze względu na pogarszające się z czasem działanie (zużycie).

Przykłady mechanizmów przytrzymujących otwarte osłony



3
c

Blokada osłony powinna spełniać następujące funkcje:

- Niebezpieczne funkcje maszyny nie mogą być wykonywane przy otwartej (brakującej) osłonie (uniemożliwienie uruchomienia).
- W przypadku otwarcia (usunięcia) osłony niebezpieczna funkcja maszyny zostaje zatrzymana (zainicjowanie zatrzymania).

Norma ISO 14119, która określa wymagania względem urządzeń blokujących w związku z osłonami, jest aktualnie nowelizowana. W poniższym rozdziale omówiono treść tej nowelizacji.

Urządzenia blokujące dzieli się na cztery rodzaje:

Nazwa	Aktywacja		Aktuator		Produkt SICK
	Zasada	Przykład	Zasada	Przykłady	Przykład
Typ 1	Mechaniczne	Kontakt fizyczny, siła, ciśnienie	Niekodowane	Łącznik trzpieniowy	i10P 
				Łącznik dźwigienowy	i10R 
				Zawias	i10H 
Typ 2			Kodowane	Odpowiednio uformowany aktuator (np. w kształcie językka)	i16S 
				Klucz	-
Typ 3	Elektroczułe	Indukcyjne	Niekodowane	Odpowiednie materiały ferromagnetyczne	IN4000 
		Magnetyczne		Magnesy, elektromagnesy	MM12 ¹⁾ 
		Pojemnościowe		Wszystkie przydatne materiały	CM18 ¹⁾ 
		Ultradźwiękowe		Wszystkie przydatne materiały	UM12 ¹⁾ 
		Optyczne		Wszystkie przydatne materiały	WT 12 ¹⁾ 
Typ 4		Magnetyczne	Kodowane	Zakodowany magnes	RE11 
		RFID		Zakodowany transponder RFID	TR4 Direct 
		Optyczne		Zakodowany aktuator optyczny	-

1). Te czujniki nie są zaprojektowane do zastosowań związanych z bezpieczeństwem. Przy zastosowaniu w urządzeniach blokujących konstruktor musi bardzo starannie podejść do kwestii możliwości awarii i błędów o wspólnie przyczynie i podjąć odpowiednie dodatkowe kroki.

Urządzenia blokujące rodzaju 3 powinny być stosowane tylko wtedy, gdy z oceny ryzyka wynika, że manipulacje nie są prawdopodobne, bądź też dodatkowe środki eliminują je w wystarczającym stopniu.

Wyłączniki bezpieczeństwa, wyłączniki pozycyjne i urządzenia blokujące

Szeroko rozpowszechnione pojęcie „wyłącznik bezpieczeństwa” nie znajduje zastosowania w normach, ponieważ ze względu na wielość technologii i wersji czujników odpowiednich do zastosowania w urządzeniach blokujących nie jest możliwe zdefiniowanie wspólnych wymagań dla tych czujników.

Niezależnie od zastosowanej technologii (mechaniczna, elektryczna, pneumatyczna, hydrauliczna) obowiązują następujące konwencje terminologiczne:

- Urządzenie blokujące składa się z aktuatora oraz wyłącznika pozycyjnego.
- Wyłącznik pozycyjny składa się z elementu aktywującego oraz elementu przesyłającego sygnał wyjściowy.

Zależnie od technologii zastosowanego wyłącznika pozycyjnego oraz wymogów w zakresie bezpieczeństwa funkcjonalnego potrzebne jest jedno urządzenie blokujące lub większa liczba tych urządzeń przypadających na jedną osłonę.

Montaż mechaniczny i zamocowanie

Niezawodny montaż mechaniczny wyłączników pozycyjnych i aktuatorów decyduje o ich skuteczności. Elementy urządzeń blokujących:

- muszą być zamontowane tak, aby były zabezpieczone przed uszkodzeniami na skutek przewidywalnych wpływów zewnętrznych;
- nie mogą być wykorzystywane jako ograniczniki mechaniczne;
- poprzez odpowiednie umieszczenie i wykonanie muszą być zabezpieczone przed przypadkowym uruchomieniem i uszkodzeniem;

- poprzez odpowiednie umieszczenie, wykonanie i zamocowanie muszą być zabezpieczone przed przypadkową zmianą położenia. W razie potrzeby zabezpieczenie wyłącznika i aktuatora powinno polegać na dopasowaniu kształtownym, np. okrągłe otwory, kołki pasowane, ograniczniki;
- muszą być zabezpieczone poprzez sposób uruchomienia lub ich połączenia z układem sterowania, tak aby nie istniała możliwość ich łatwego obejścia;
- muszą wykazywać możliwość sprawdzenia pod kątem prawidłowego działania i w miarę możliwości być łatwo dostępne do kontroli.

Przykłady montażu mechanicznego wyłączników pozycyjnych

Prawidłowy montaż: wyłącznik pozycyjny jest chroniony przez ogranicznik mechaniczny.	Nieprawidłowy montaż: wyłącznik pozycyjny jest wykorzystywany jako ogranicznik.	Prawidłowy montaż: wysokość krzywki została dobrana odpowiednio do wyłącznika pozycyjnego.

Rodzaj aktywacji / uruchomienie wymuszone

Ważnym wymaganiem w stosunku do urządzeń blokujących jest uruchomienie wymuszone. W przypadku działania wymuszonego ruchome mechaniczne elementy urządzenia blokującego (wyłącznik bezpieczeństwa) są poruszane w sposób wymuszony przez elementy mechaniczne osłony (np. drzwi ogrodzenia), przez bezpośredni kontakt lub części sztywne. Zastosowanie uruchamiania wymuszonego w urządzeniu blokującym zapewnia aktywację wyłącznika pozycyjnego podczas otwierania osłon i zmniejsza możliwości zmanipulowania systemu.

Przykład wersji uruchamianej w sposób wymuszone

Bezpiecznie: poprzez otwarcie drzwiczek ochronnych następuje wymuszone poruszenie mechanicznego popychacza wyłącznika pozycyjnego. Powoduje to otwarcie elektrycznego obwodu bezpieczeństwa.	Nieprawidłowa konstrukcja: wyłącznik pozycyjny nie zawsze otwiera elektryczny obwód bezpieczeństwa, np. gdy zaschnięte resztki smaru zakleją popychacz.

Źródło: BG Feinmechanik und Elektrotechnik, BGI 575

Otwieranie wymuszone

Zestyk charakteryzuje się otwieraniem wymuszonym, jeśli rozdzielenie styków następuje w reakcji na zdefiniowane poruszenie elementu aktywującego przez części nieelastyczne (np. sprężyny). Zastosowanie zestyków rozwiernych o wymuszonym otwarciu zapewnia, że przerwanie obwodu elektrycznego będzie następowało także w przypadku zużycia styków lub przy innych defektach elektrycznych.

Dla mechanicznych wyłączników pozycyjnych z otwieraniem wymuszonym obowiązuje ponadto:

- Skok uruchamiający musi być ustawiony wg danych producenta, odpowiednio do drogi wymuszonego otwarcia.
- Należy zachować podaną przez producenta minimalną drogę popychacza, aby zapewnić wymagany dla wymuszonego otwarcia odcinek łączenia.



Oznaczenie zestyków rozwiernych o wymuszonym otwarciu wg normy IEC 60947-5-1, Załącznik K

Jako równoważne z otwieraniem wymuszonem uznaje się zastosowanie dwóch redundantnych, monitorowanych wyjść elektronicznych, przesyłających sygnały z bezdotykowych wyłączników pozycyjnych. Jeśli urządzenie blokujące rodzaju 3 lub rodzaju 4 jest jedynym urządzeniem blokującym w przypadku danej osłony, wówczas musi ono spełniać wymagania normy IEC 60947-5-3.

Zabezpieczenie przed manipulacjami

Podczas projektowania urządzeń blokujących konstruktor musi uwzględniać możliwe motywy manipulowania urządzeniem ochronnym i uwzględniać przewidywalną manipulację.

Muszą być stosowane środki, które uniemożliwiają manipulację przy użyciu prostych przedmiotów.

Proste przedmioty to np. śruby, gwoździe, kawałki blachy, monety, zakrzywiony drut itp.

Możliwe środki zapobiegające prostej manipulacji przy urządzeniach blokujących to:

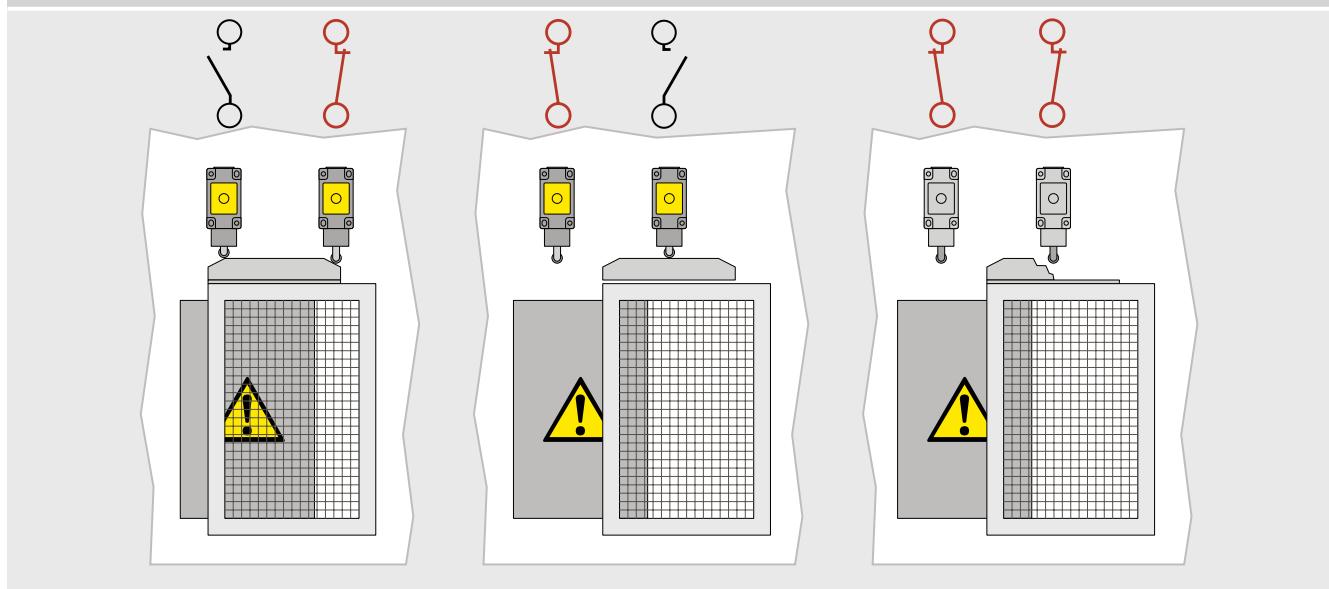
- utrudnienie dostępu do urządzeń blokujących przez zakrycie miejsca montażu lub ich montaż poza zasięgiem;
- zastosowanie wyłączników pozycyjnych z zakodowanymi aktuatorami;
- zamocowanie elementów urządzeń blokujących na „jednorazowe” elementy mocujące (np. śruby bezpieczeństwa, nity);
- nadzorowanie manipulacji w układzie sterowania (kontrola wiarygodności, testowanie).

Wykonanie redundantne

Na skutek manipulacji, defektów mechanicznych w aktuatorze lub wyłączniku pozycyjnym (przykład: proces starzenia) lub z powodu wpływu ekstremalnych warunków otoczenia (przykład: zabrudzenie pyłem powoduje zaklejenie popychacza krążkowego) może wystąpić krytyczna awaria pojedynczego wyłącznika bezpieczeństwa. W związku z tym konieczne jest, szczególnie w przypadku oczekiwania wysokiego poziomu bezpieczeństwa,

zastosowanie jeszcze jednego wyłącznika pozycyjnego, np. o odwrotnej funkcji, i monitorowanie ich obu przy wykorzystaniu techniki sterowania.

Przykładem może być wtryskarka, której przednie drzwi ochronne muszą być cyklicznie otwierane. W tym przypadku zalecane jest zastosowanie dwóch wyłączników mechanicznych.

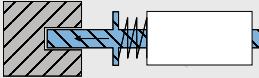
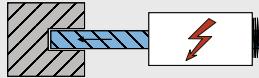
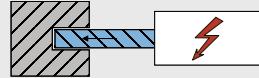
Przykład rozpoznawania defektów mechanicznych za pomocą redundantnego układu zdwywersyfikowanego3
c

Urządzenia ryglujące

Urządzenia ryglujące uniemożliwiają otwieranie osłon. Muszą być stosowane, jeśli czas zatrzymania stanu maszyny jest dłuższy niż czas potrzebny na dotarcie osób do obszaru zagrożenia. Urządzenia ryglujące mają zapobiegać dostępowi do obszarów zagrożenia tak długo, aż przeminie niebezpieczny stan

maszyny. Urządzenia ryglujące są również konieczne, jeśli nie wolno przerwać procesu (działają tylko jako ochrona procesu, nie mają wtedy funkcji bezpieczeństwa).

Na poniższym rysunku przedstawiono możliwe wersje blokad zabezpieczających.

	Kształtem			
Zasada				Siłą
Zasada działania	Uruchomienie siłą sprężyny i od blokowanie przez energię	Uruchamiane energią zewnętrzną i zwalnianie sprężyną	Uruchomienie przez energię i odblokowanie przez energię	Uruchamiane energią zewnętrzną i zwalnianie przy braku energii
Nazwa	Mechaniczne urządzenie ryglujące (głównie do ochrony ludzi)	Elektryczne urządzenie ryglujące (głównie do ochrony procesu)	Pneumatyczne / hydrauliczne urządzenie ryglujące	Magnetyczne urządzenie ryglujące

Zwolnienie urządzenia ryglującego przez energię można zrealizować w następujący sposób:

- W formie sterowania czasowego: w przypadku stosowania przełącznika czasowego, awaria tego urządzenia nie może skrócić czasu opóźnienia.
- W sposób automatyczny: tylko wtedy, gdy nie występuje niebezpieczny stan maszyny (np. przy użyciu czujnika zatrzymania).
- W sposób ręczny: czas, jaki upływa między odblokowaniem i zwolnieniem urządzenia ochronnego musi być dłuższy niż czas trwania niebezpiecznego stanu maszyny.

Integracja mechaniczna i elektryczna urządzeń ryglujących

Dla urządzeń ryglujących obowiązują z reguły takie same wskazówki, jak dla urządzeń blokujących. W związku z zasadą otwierania wymuszonego należy zwrócić uwagę na to, które styki są przeznaczone do otwierania wymuszonego. Styki sygnalizujące stan drzwi wskazują, kiedy aktuator został wyciągnięty i drzwi zostały otwarte. Mogą, ale nie muszą, być zawsze otwierane w sposób wymuszony.

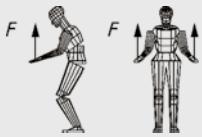
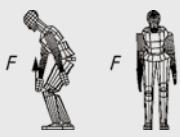
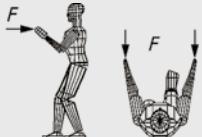
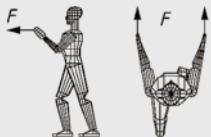
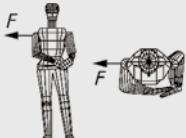
Zwalnianie ucieczkowe i zwalnianie awaryjne

Analiza ryzyka może wykazać, że w przypadku wystąpienia błędu lub awarii konieczne jest podjęcie środków w celu uwolnienia ludzi zamknietych w obszarze zagrożenia. Należy rozróżnić koncepcje zwalniania mechanicznego (za pomocą narzędzi) i zwalniania ucieczkowego i awaryjnego (bez narzędzi).

Wymagana siła ryglująca

Istotnym kryterium wyboru urządzenia ryglującego jest siła, z jaką osłona musi być trzymana. W Załączniku I projektu normy ISO 14119 (2013) podane są maksymalne siły statyczne, które można przyjąć dla najczęściej stosowanych osłon ruchomych.

**Wymagana siła trzymająca osłon według Załącznika I normy
ISO 14119 (2013)**

Kierunek działania siły	Pozycja	Zastosowanie siły	Siła [N]	
	Pociągnięcie poziomo	Siedząca	Jedną ręką	600
	Pionowo do góry	Na stojąco, tułów i nogi zgięte, stopy równe	Oburącz za poziome uchwyty	1400
	Pionowo do góry	Stojąca swobodna	Jedną ręką za poziomy uchwyty	1200
	Poziomo, równolegle do płaszczyzny symetrii ciała, przez pociągnięcie do tyłu	Stojąca, stopy równe albo w wykroku	Oburącz za pionowe uchwyty	1100
	Poziomo, równolegle do płaszczyzny symetrii ciała, przez popchnięcie do przodu	Stojąca, stopy równe albo w wykroku	Oburącz za pionowe uchwyty	1300
	Poziomo, przez popchnięcie prostopadłe do płaszczyzny symetrii ciała	Stojąca, tułów zgięty na bok	Naciśnięcie barkiem na metalową płytę	1300
	Poziomo, przez popchnięcie prostopadłe do płaszczyzny symetrii ciała	Stojąca, stopy równe	Jedną ręką, pionowy uchwyty	700

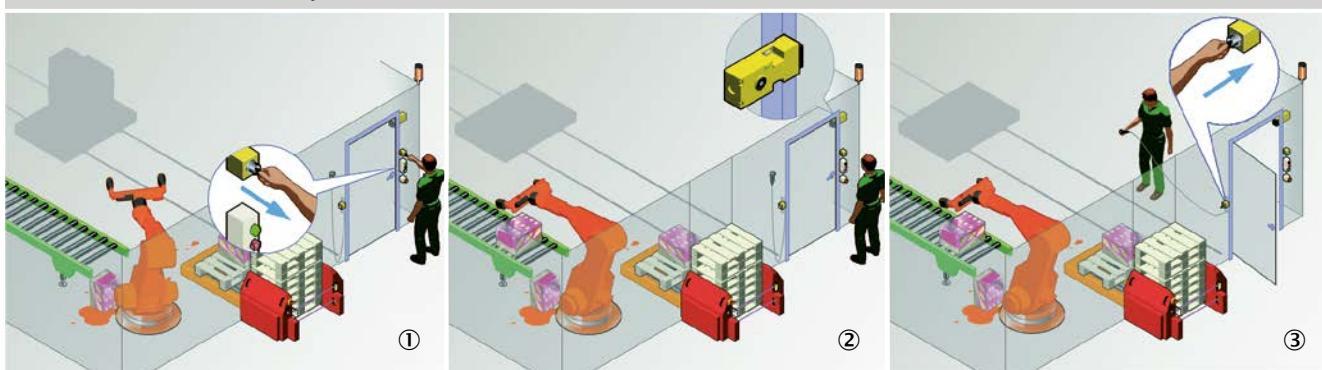
Systemy kluczów sterujących

Wadą osłon jest to, że w przypadku wejścia w obszar zagrożenia i następującego po tym zamknięcia drzwi ochronnych nie można skutecznie zapobiec ponownemu uruchomieniu maszyny. Niezbędne jest podjęcie dodatkowych środków, takich jak urządzenie resetujące lub zamknięcie na kłódkę aktuatora urządzenia blokującego rodzaju 2. Tego typu środki organizacyjne zależą jednak od woli i uwagi użytkownika. Wymuszone uniemożliwienie uruchomienia umożliwiają systemy kluczów sterujących. W celu aktywowania określonych funkcji i trybów pracy muszą być stosowane klucze, które w określonym położeniu ulegają zablokowaniu w zamku przełącznika.

Wyciągnięcie klucza (rysunek ①) powoduje wygenerowanie sygnału i zakończenie niebezpiecznego stanu. W bezpiecznym stanie (po zatrzymaniu) można otworzyć drzwi (rysunek ②). Włożenie klucza od wewnątrz umożliwia uruchomienie „trybu nastawczego” (rysunek ③) oraz trybu kontroli „niebezpiecznych ruchów maszyny” (obrócenie robota na bok) za pomocą przycisku zezwalającego. W tym czasie tryb automatyczny jest zablokowany.

3
C

Przykład systemu klucza sterującego



Elektroczułe wyposażenie ochronne (ESPE)

W przypadku elektroczułego wyposażenia ochronnego (ESPE) działanie ochronne, w przeciwieństwie do urządzeń ochronnych o charakterze osłony, nie polega na fizycznym odseparowaniu osoby zagrożonej od zagrożenia. Działanie ochronne polega na czasowym odseparowaniu. Tak długo, jak osoba przebywa w określonym obszarze, tak długo nie są tam realizowane żadne niebezpieczne funkcje maszyny. Jeśli takie funkcje są już realizowane, muszą zostać zatrzymane. To zatrzymanie wymaga pewnego czasu, tak zwanego „czasu dobiegu”.

Urządzenia ESPE muszą w odpowiednim czasie rozpoznać zbliżenie osoby do obszaru zagrożenia, a także (w zależności od zastosowania) obecność osoby w obszarze zagrożenia.

Międzynarodowa norma IEC 61496-1 zawiera wymagania techniki bezpieczeństwa w odniesieniu do urządzeń ESPE, niezależnie od ich technologii lub zasady działania.

Jakie zalety ma elektroczułe wyposażenie ochronne?

Gdy operator musi często lub regularnie sięgać do maszyny i jest w związku z tym narażony na niebezpieczeństwo, zastosowanie urządzeń ESPE zamiast osłon mechanicznych (w postaci pokryw, ogrodzeń itp.) ma wiele zalet:

- skraca czas dostępu (operator nie musi czekać na otwarcie urządzenia ochronnego)
- zwiększa produktywność (oszczędność czasu przy ładowaniu materiału do maszyny)
- poprawia ergonomię w miejscu pracy (operator nie musi obsługiwać osłony)

Ponadto operator i osoby trzecie są chronione w równym stopniu.

Przed jakimi zagrożeniami nie chroni elektroczułe wyposażenie ochronne?

Ponieważ elektroczułe wyposażenie ochronne nie stanowi żadnej bariery fizycznej, nie jest w stanie chronić osób przed emisjami, chociażby w postaci wyrzucanych części maszyny, obrabianych przedmiotów lub wiórów, ani przed promieniowaniem jonizacyjnym, wysoką temperaturą (promieniowaniem termicznym), hałasem, rozpryskami chłodziw i smarów itp.

Zastosowanie urządzeń ESPE nie jest również możliwe w maszynach, w których długi czas dobiegu wymagałby niemożliwych do realizacji odległości minimalnych.

W takich przypadkach muszą być również stosowane osłony.

Technologie urządzeń ESPE

Elektroczułe wyposażenie ochronne może realizować funkcje rozpoznawania osób na różnej zasadzie: optycznej, pojemościowej, ultradźwiękowej, z użyciem mikrofal i pasywnego rejestrowania w podczerwieni.

Optyczne urządzenia ochronne są używane od wielu lat i sprawdziły się w praktyce w dużej liczbie przypadków (patrz rysunek).

Optoelektroniczne urządzenia ochronne

Najczęściej stosowanym elektroczułym wyposażeniem ochronnym są urządzenia optoelektroniczne, takie jak

- optyczne kurtyny i bariery bezpieczeństwa (określane też terminem AOPD – active opto-electronic protective device, aktywne optoelektroniczne urządzenia ochronne);
- laserowe skanery bezpieczeństwa (określane też terminem AOPDDR – active opto-electronic protective device responsive to diffuse reflection, aktywne optoelektroniczne urządzenia ochronne reagujące na odbite promieniowanie rozproszone);
- urządzenia ochronne współpracujące z kamerą (VBPD – vision based protective devices, wizyjne urządzenia ochronne).



Przykłady optoelektronicznych urządzeń ochronnych

**3
C**

Optoelektroniczne urządzenie ochronne może być stosowane wtedy, gdy operator nie jest narażony na jakiekolwiek zagrożenia związane z wyrzucaniem kawałków materiału (np. odpady stopionego materiału).

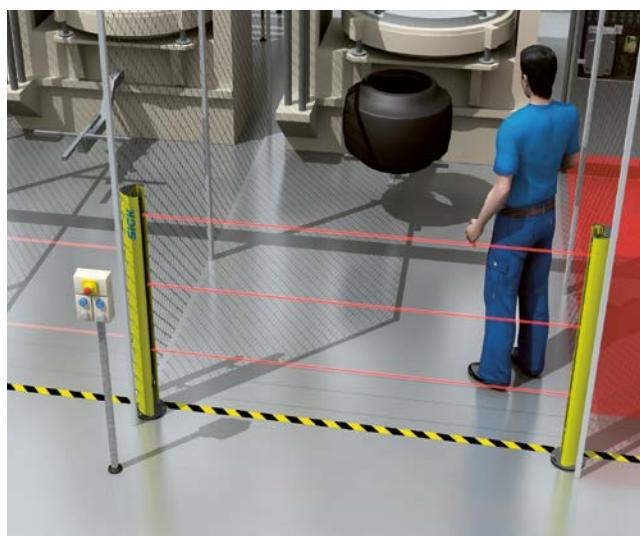
Optyczne kurtyny i bariery bezpieczeństwa (AOPD)

Urządzenia AOPD to urządzenia ochronne, które wykrywają obecność osób w zadanym dwuwymiarowym obszarze za pomocą optoelektronicznych elementów nadawczo-odbiorczych. Szereg równoległych wiązek światła (z reguły światła podczerwonego) wysyłanych z nadajnika do odbiornika tworzy pole ochronne, które zabezpiecza obszar zagrożenia. Detekcja odbywa się wskutek pełnego przerwania jednej lub kilku wiązek przez nieprzepuszczający światła obiekt. Odbiornik sygnalizuje przy tym przerwanie wiązki poprzez zmianę sygnału (stan wyłączony) na wyjściach sygnałowych (przez urządzenie przełączające sygnał wyjściowy, tzw. OSSD).

Sygnały urządzenia przełączającego sygnał wyjściowy (OSSD) służą do zatrzymania niebezpiecznego stanu maszyny.

Międzynarodowa norma IEC 61496-2 zawiera wymagania techniczne wobec aktywnych optoelektronicznych urządzeń ochronnych AOPD.

Typowe urządzenia AOPD to jedno- i wielowiązkowe optyczne bariery oraz kurtyny bezpieczeństwa. Wielowiązkowe optyczne bariery to urządzenia AOPD o zdolności detekcji obiektów, których wymiary przekraczają 40 mm. Służą one do zabezpieczenia wejść do obszarów zagrożenia (patrz rysunek).



Zabezpieczenie dostępu przy użyciu wielowiązkowej optycznej bariery bezpieczeństwa

Urządzenia AOPD o zdolności detekcji w granicach 40 mm lub mniej są nazywane kurtynami bezpieczeństwa i służą jako bezpośrednie zabezpieczenie miejsc niebezpiecznych (patrz rysunek).



Zabezpieczenie niebezpiecznego miejsca za pomocą optycznej kurtyny bezpieczeństwa

W przypadku wielowiązkowych barier świetlnych oraz kurtyn bezpieczeństwa nie wszystkie wiązki światła są aktywne w tej samej chwili i z reguły są w szybkim tempie kolejno włączane i wyłączone. Zwiększa to odporność na zakłócenia powodowane przez inne źródła światła oraz niezawodność systemu. W nowoczesnych urządzeniach AOPD nadajnik i odbiornik synchronizują się automatycznie na zasadzie optycznej.

Poprzez zastosowanie mikroprocesorów możliwe jest osobne analizowanie poszczególnych wiązek światła. Dzięki temu, oprócz samej funkcji ochronnej, możliwe jest także realizowanie dodatkowych funkcji ESPE (→ 3-40).

Laserowe skanery bezpieczeństwa (AOPDDR)

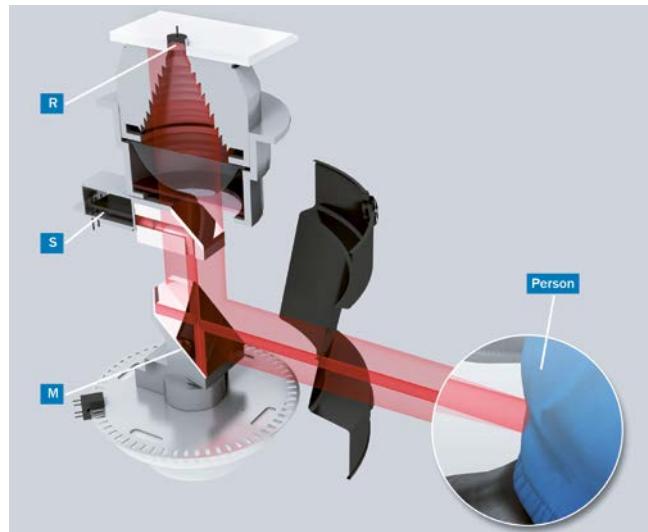
Urządzenia AOPDDR to urządzenia ochronne, które poprzez optoelektroniczne elementy nadawczo-odbiorcze rozpoznają odbicie promieniowania optycznego generowanego przez to urządzenie ochronne. Odbicie światła powstaje na skutek obecności obiektu w zadany dwuwymiarowym obszarze.

Detekcja jest sygnalizowana poprzez zmianę sygnału (stan wyłączony) na wyjściach sygnałowych (przez urządzenie przełączające sygnał wyjściowy, tzw. OSSD).

Sygnały urządzenia przełączającego sygnał wyjściowy (OSSD) służą do zatrzymania niebezpiecznego stanu maszyny.

Laserowy skaner bezpieczeństwa to czujnik optyczny, który skanuje otoczenie promieniami lasera podczerwonego w określonej płaszczyźnie, nadzorując w ten sposób obszar zagrożenia w maszynie lub pojazdzie.

Działa na zasadzie pomiaru czasu przebiegu światła (patrz rysunek na następnej stronie). Skaner wysyła przy tym bardzo krótkie impulsy świetlne (S). Jednocześnie obserwowany jest „elektroniczny stoper”. O jeśli światło natrafi na obiekt, ulega odbiciu i jest odbierane przez skaner (R). Z różnicą pomiędzy czasem wysłania i odbioru skaner oblicza odległość do obiektu. Obracające się stale z tą samą prędkością lustro (M) odbija impulsy świetlne, dzięki czemu skaner „lustruje” pewien wycinek okręgu. Na podstawie zmierzonej odległości oraz kąta obrotu lustra skaner ustala dokładne położenie obiektu.



Zasadnicza budowa skanera laserowego

Obszar, w którym rozpoznanie obiektu prowadzi do reakcji bezpieczeństwa (pole ochronne) może być zaprogramowane przez użytkownika. Nowoczesne urządzenia umożliwiają jednoczesne nadzorowanie kilku obszarów lub przełączanie ich w trakcie pracy. Umożliwia to np. dopasowanie nadzorowanego obszaru do prędkości pojazdu.

Laserowe skanery bezpieczeństwa pracują z precyjnie ukierunkowanymi impulsami świetlnymi, tak więc nadzorowany obszar nie jest ilustrowany w sposób ciągły. W wyniku tego ograniczenia możliwe są rozdzielcości (zdolności detekcji obiektów) o wymiarach od 30 mm do 150 mm. Dzięki skanowaniu na zasadzie aktywnej laserowe skanery bezpieczeństwa nie potrzebują ani zewnętrznych odbiorników, ani elementów odbijających światło. Laserowe skanery bezpieczeństwa muszą niezawodnie wykrywać także te obiekty, które cechuje ekstremalnie niska zdolność do odbijania promieni (np. czarna odzież robocza). Międzynarodowa norma IEC 61496-3 zawiera wymagania techniczne wobec aktywnych optoelektronicznych urządzeń ochronnych reagujących na odbite promieniowanie rozproszone (AOPDDR).

Urządzenia ochronne współpracujące z kamerą (VBPD)

Urządzenia VBPD to urządzenie ochronne współpracujące z kamerą, które wykorzystują technologie rejestracji i przetwarzania obrazu do detekcji osób w celach związanych z techniką bezpieczeństwa (patrz rysunek).

Jako źródła światła są obecnie stosowane specjalne oświetlacz. Możliwe są również urządzenia VBPD, które korzystają z dostępnego światła otoczenia.

Detekcja osób może się odbywać na różnej zasadzie, np.:

- przerwanie światła odbitego przez odbłyśnik
- pomiar przebiegu światła odbitego przez obiekt
- monitorowanie zmian w obrazie wzorów umieszczonych w tle
- rozpoznanie ludzi na podstawie cech ciała ludzkiego



Urządzenie ochronne współpracujące z kamerą

Przyszłe normy międzynarodowe IEC 61496-4 zawierają wymagania techniczne wobec urządzeń ochronnych współpracujących z kamerą (VBPD).

Zdolność detekcji (rozdzielcość)

optoelektronicznych urządzeń ochronnych

Zdolność detekcji definiuje się jako granicę danego parametru czujnika, który powoduje zadziałanie elektroczułego wyposażenia ochronnego (ESPE).

W praktyce chodzi tu o wielkość najmniejszego obiektu, który jest zawsze rozpoznawany w zdefiniowanym obszarze nadzoru (polu ochronnym) urządzenia ESPE.

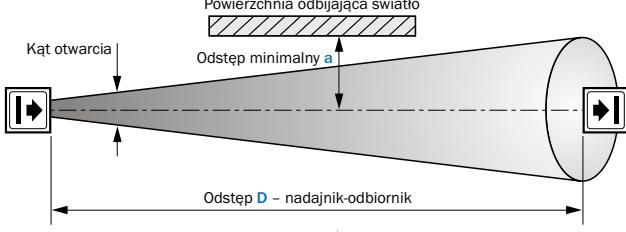
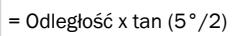
Zdolność detekcji jest podawana przez producenta. Z reguły jest ona ustalana na podstawie sumy odstępu między wiązkami i efektywnej średnicy wiązki światła. W ten sposób zapewnia się, że obiekt o danej wielkości – niezależnie od umiejscowienia w polu ochronnym – zawsze będzie całkowicie zakrywać wiązkę światła i dzięki temu będzie rozpoznawany.

W przypadku laserowych skanerów bezpieczeństwa (AOPDDR) zdolność detekcji zależy od odległości od obiektu, kąta pomiędzy pojedynczymi promieniami (impulsami) światła oraz od kształtu i wielkości wysyłanej wiązki światła.

Niezawodność związana ze zdolnością detekcji jest określana na podstawie klasyfikacji typów zawartej w szeregu norm IEC 61496.

Dla urządzeń AOPDDR zdefiniowany jest typ 3. Dla urządzeń AOPD są zdefiniowane typy 2 i 4 (wymagania są podane w tabeli). Ważną rolę odgrywają przy tym wymagania względem źródeł zakłóceń optycznych (światło słoneczne, rozmaite rodzaje lamp, urządzenia o podobnej konstrukcji itp.), a także związane z połyskliwymi powierzchniami, nieprawidłowym ukierunkowaniem w normalnym trybie pracy oraz odbiciem rozproszonych promieni w przypadku laserowych skanerów bezpieczeństwa.

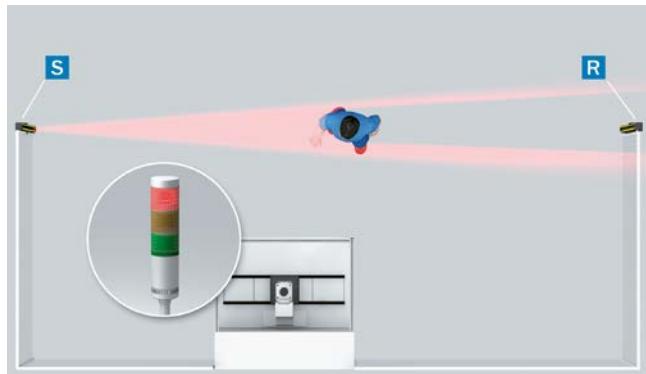
**3
C**

	Typ 2	Typ 4
Bezpieczeństwo funkcjonalne	Możliwość wystąpienia błędu i utraty funkcji ochronnej w okresie pomiędzy testami	Funkcja bezpieczeństwa zachowana nawet przy wystąpieniu licznych błędów
EMC (kompatybilność elektromagnetyczna)	Podstawowe wymagania	Podwyższone wymagania
Maksymalny kąt otwarcia układu optycznego	10°	5°
Minimalny odstęp a względem połyskliwych powierzchni na odległość D < 3 m	262 mm	131 mm
Minimalny odstęp a względem połyskliwych powierzchni na odległość D > 3 m	 $= \text{Odległość} \times \tan(10^\circ/2)$	 $= \text{Odległość} \times \tan(5^\circ/2)$
Kilka nadajników tego samego typu w jednym systemie	Brak specjalnych wymagań (zalecane kodowanie wiązki)	Brak wpływu bądź wyłączenie przez urządzenie przełączające sygnał wyjściowy w reakcji na zakłócenia

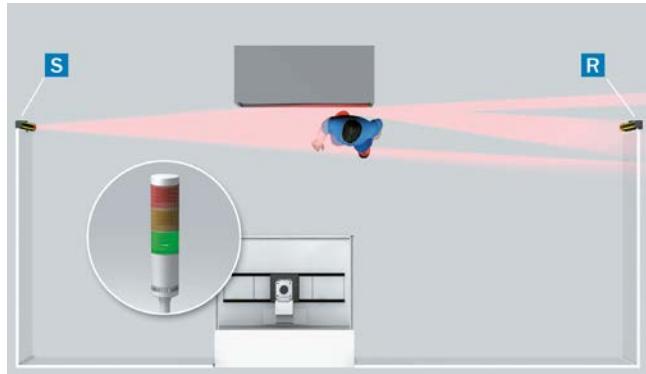
Główne różnice pomiędzy AOPD typu 2 i typu 4 według EN 61496

Zapobieganie błędym odbiciom promieni w urządzeniach AOPD

W urządzeniach AOPD wiązka światła jest skupiona przez nadajnik. Kąt otwarcia układu optycznego jest przy tym zredukowany w jak największym stopniu, tak aby przy drobnych błędach ukierunkowania możliwe było zagwarantowanie bezbłędnej pracy urządzenia. To samo dotyczy kąta otwarcia odbiornika (efektywny kąt otwarcia zgodnie z normą IEC 61496-2). Nawet przy mniejszych kątach otwarcia istnieje możliwość, że wiązka światła generowana przez nadajnik będzie odbijana w innym kierunku przez połyskliwe powierzchnie, co może oznaczać, że obiekt nie zostanie rozpoznany (patrz rysunki).



Człowiek jest bezbłędnie wykrywany, a niebezpieczny ruch zostaje zatrzymany.



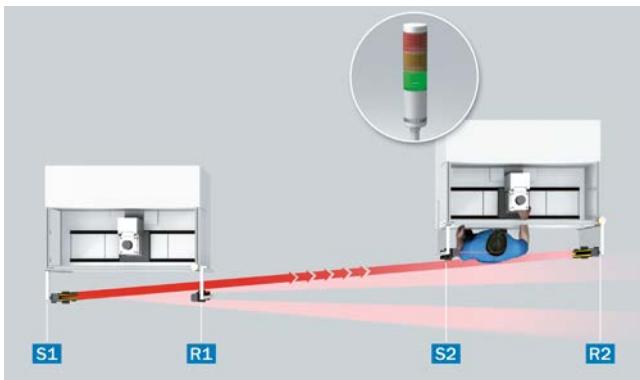
Na skutek odbicia światła elektroczułu wyposażenie ochronne przestaje pełnić swoją funkcję, a niebezpieczny ruch nie zostaje zatrzymany.

Z tego względu wszystkie połyskliwe powierzchnie (np. pojemniki z materiałem, połykujące podłogi) muszą mieć zachowany minimalny odstęp 'a' od pola ochronnego systemu (patrz tabela „Główne różnice pomiędzy AOPD typu 2 i typu 4 według IEC 61496“ → 3-32).

Minimalny odstęp **a** jest zależny od odległości **D** między nadajnikiem i odbiornikiem (szerokość pola ochronnego). Obowiązek zachowania odstępu minimalnego odnosi się do wszystkich stron pola ochronnego.

Wzajemny wpływ urządzeń AOPD

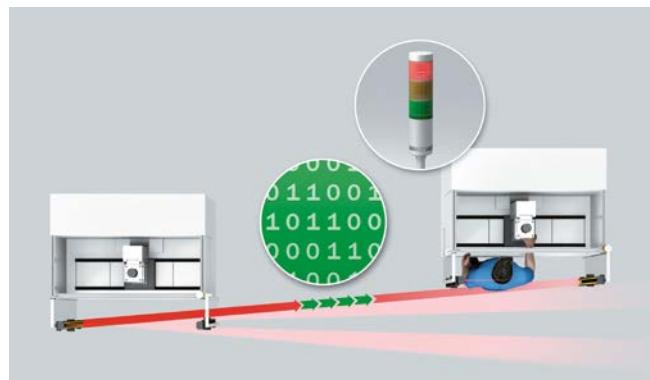
Jeśli kilka urządzeń AOPD pracuje w bliskiej odległości od siebie, promienie wysyłane przez nadajnik jednego systemu (S1) mogą wpływać na odbiornik drugiego systemu (R2). Istnieje wówczas niebezpieczeństwo, że podlegające wpływom urządzenie AOPD utraci swoje działanie ochronne (patrz rysunek).



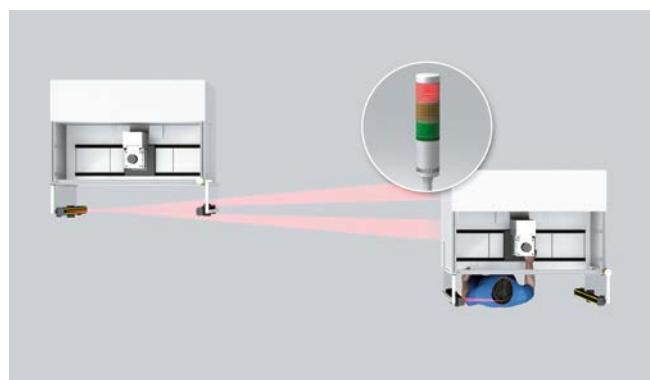
Na skutek wzajemnego wpływu elektroczułe wyposażenie ochronne przestaje pełnić swoją funkcję, a niebezpieczny ruch nie zostaje zatrzymany.

Należy unikać takich sytuacji poprzez odpowiedni wybór miejsca montażu. Jeśli nie jest to możliwe w inny sposób, trzeba podjąć odpowiednie kroki w celu zapobieżenia wzajemnym wpływom, np. przez zamontowanie nieprzepuszczających światła ścianek działowych, albo przez odwrócenie kierunku nadawania jednego z systemów.

Urządzenia AOPD typu 4 muszą być wyposażone w odpowiedni systemem rozpoznawania obcego nadajnika i w razie rozpoznania wpływu przechodzić w stan bezpieczny (wyjścia sygnałowe wyłączone) lub muszą dysponować takimi środkami technicznymi, które zapobiegają tym wpływom. Z reguły polega to na zastosowaniu kodowania wiązki światła, dzięki czemu odbiornik reaguje tylko na promienie wysyłane przez skojarzony z nim (tak samo zakodowany) nadajnik (patrz rysunki).



Brak wzajemnego wpływu pomiędzy urządzeniami ochronnymi poprzez zastosowanie kodowanej wiązki światła – człowiek jest bezbłędnie wykrywany, a niebezpieczny ruch zostaje zatrzymany.



Brak wzajemnego wpływu pomiędzy urządzeniami ochronnymi dzięki zachowaniu właściwego układu przestrzennego

Wybór odpowiedniego elektroczułego wyposażenia ochronnego

Kryteria mogą być następujące:

- dane z norm zharmonizowanych, szczególnie norm C;
- miejsce będące do dyspozycji przed obszarem zagrożenia;
- kryteria ergonomiczne, np. cykliczne prace związane z wkładaniem materiału;
- rozdzielcość.

Jaką funkcję bezpieczeństwa ma pełnić elektroczułe wyposażenie ochronne?

- Zainicjowanie zatrzymania (→ 3-3)
- Zapobieganie niespodziewanemu rozruchowi (→ 3-4)
- Uniemożliwienie uruchomienia (→ 3-4)
- Połączenie funkcji spowodowania zatrzymania i uniemożliwienia uruchomienia (→ 3-4)
- Pozwolenie na przejście materiału (→ 3-5)
- Kontrola parametrów maszyny (→ 3-5)
- Wskaźniki i alarmy istotne dla bezpieczeństwa (→ 3-7)
- Inne funkcje, np. tryb taktowy, maskowanie, przełączanie pola ochronnego itp. (→ 3-40)

→ Wymagania dot. elektroczułego wyposażenia ochronnego: IEC 61496-1, IEC 61496-2, IEC 61496-3

Niezawodność funkcji bezpieczeństwa osiągana przy użyciu optoelektronicznych urządzeń ochronnych

		ISO 13849-1					Przykłady urządzeń
		a	b	c	d	e	
Typ ESPE wg EN 61496-1	2					Kurtyny bezpieczeństwa, jednowiązkowe i wielowiązkowe bariery bezpieczeństwa	
	3						Laserowe skanery bezpieczeństwa, bezpieczne systemy kamer
	4						Kurtyny bezpieczeństwa, jednowiązkowe i wielowiązkowe bariery bezpieczeństwa
		1		2	3		
		SIL (IEC 62061)					

Należy zawsze przestrzegać szczególnych wskazówek dotyczących zastosowania, informacji oraz zaleceń zawartych w instrukcjach eksploatacji dotyczących optoelektronicznych urządzeń ochronnych!

Co ma być wykrywane przez elektroczułe wyposażenie ochronne?

Zabezpieczenie niebezpiecznego miejsca:

rozpoznawanie palców lub dloni

Przy zabezpieczaniu miejsc niebezpiecznych zbliżenie jest wykrywane bardzo blisko tego miejsca.

Zaleta tego rodzaju urządzenia ochronnego polega na tym, że możliwy jest mały minimalny odstęp i operator ma bardziej ergonomiczne warunki pracy (np. przy wkładaniu materiału do prasy).



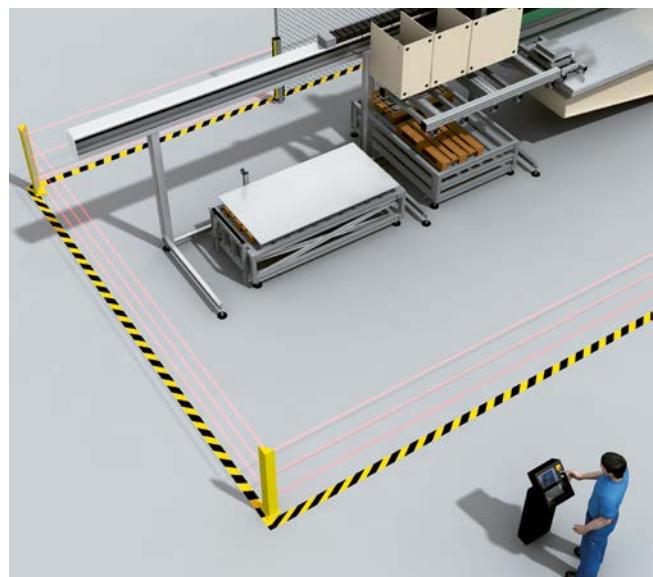
3
C

Zabezpieczenie dostępu:

rozpoznawanie człowieka przy dostępie do obszaru zagrożenia

Przy zabezpieczaniu dostępu zbliżenie człowieka jest stwierdzane poprzez detekcję ciała.

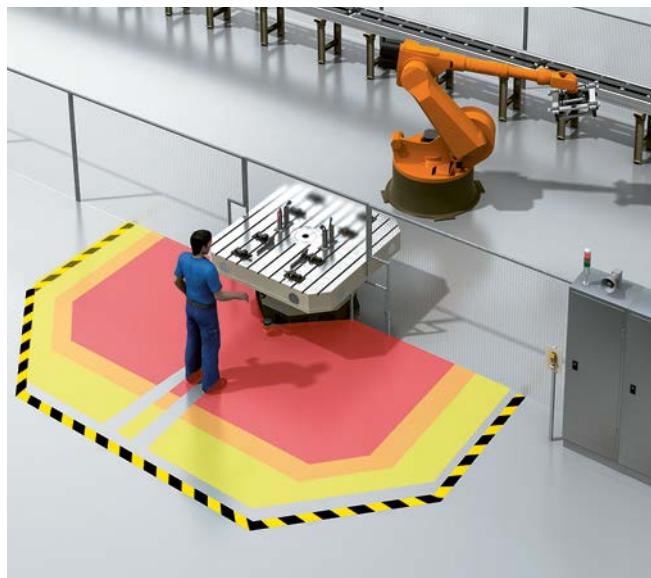
Ten rodzaj urządzenia ochronnego służy do zabezpieczania dostępu do obszaru zagrożenia. W przypadku wejścia w obszar zagrożenia wysyłany jest sygnał zatrzymania. Elektroczułe wyposażenie ochronne nie rozpoznaje osoby, która już wcześniej weszła w obszar zagrożenia!



Zabezpieczenie obszaru zagrożenia:**rozpoznawanie obecności człowieka w obszarze zagrożenia**

Przy zabezpieczaniu obszaru zagrożenia rozpoznawane jest zbliżenie się człowieka poprzez wykrywanie jego obecności w określonym obszarze.

Ten rodzaj urządzenia ochronnego przydaje się w maszynach, w których np. nie ma pełnej widoczności obszaru zagrożenia z miejsca, w którym znajduje się przycisk reset maszyny. Przy wejściu w ten obszar zagrożenia wydawany jest sygnał do zatrzymania i zapobiega się uruchomieniu.

**Mobilne zabezpieczenie obszaru zagrożenia:****wykrywanie zbliżenia się człowieka do obszaru zagrożenia**

Takie zabezpieczenie obszaru zagrożenia nadaje się do systemów transportu samojezdneego (AGV), dźwigów i wózków widłowych, aby chronić operatora i/lub osoby trzecie podczas ruchu pojazdu lub podczas parkowania pojazdu w wyznaczonym miejscu.



Funkcje bezpieczeństwa możliwe do zintegrowania z elektroczułym wyposażeniem ochronnym

Poniższe funkcje bezpieczeństwa mogą być zintegrowane albo w module logicznym, albo bezpośrednio w elektroczułym wyposażeniu ochronnym.

Czasowe zawieszenie funkcji (tzw. muting)

Funkcja mutingu umożliwia czasowe zawieszenie funkcji bezpieczeństwa realizowanej przez urządzenie ochronne. Jest to potrzebne, kiedy materiał musi zostać przetransportowany przez pole chronione przez urządzenie ochronne, bez przerwania procesu roboczego (równoznaczne z niebezpiecznym stanem maszyny).

Funkcja ta może mieć sens także wtedy, gdy trzeba zoptymalizować przebieg pracy, jeśli określone stany maszyny dają taką możliwość (np. czasowe zawieszenie funkcji (muting) optycznej kurtyny bezpieczeństwa podczas niestwarzającego zagrożenia ruchu tłału prasy w kierunku do góry, co umożliwia łatwiejsze odbieranie obrabianych przedmiotów przez operatora).

Muting może być dozwolony tylko wtedy, gdy dostęp do miejsca zagrożenia jest blokowany przez przejeżdżający tamtej materiałem. Natomiast w przypadku niemożliwych do pokonania (nieomijalnych) urządzeń ochronnych, muting może mieć miejsce tylko wówczas, kiedy w danej chwili nie są realizowane żadne niebezpieczne funkcje maszyny (patrz rysunek).

Stan ten jest stwierdzany przez czujniki lub sygnały mutingowe. Funkcja mutingu wymaga najwyższej ostrożności przy wyborze i rozmieszczaniu czujników mutingowych oraz wyborze stosowanych sygnałów sterujących.



Funkcja mutingu z optyczną kurtyną bezpieczeństwa i czujnikami mutingu w maszynie do owijania folią

Implementacja bezpiecznej i zgodnej z normami funkcji mutingu wymaga przestrzegania następujących warunków:

- Podczas mutingu musi być zapewniony bezpieczny stan za pomocą innych środków, tzn. nie może być możliwy dostęp do obszaru zagrożenia.
- Muting musi być realizowany w sposób automatyczny, nie ręcznie.
- Muting nie może zależeć od pojedynczego sygnału elektrycznego.
- Muting nie może całkowicie zależeć od sygnałów generowanych przez oprogramowanie.
- Sygnały mutingu nie mogą zezwalać na jego realizację, kiedy występują w trakcie niedozwolonej konfiguracji.
- Stan mutingu musi być dezaktywowany natychmiast po przejściu materiału.

Dla poprawy jakości odróżniania mogą być stosowane dodatkowe wartości graniczne, powiązania lub sygnały, np.:

- kierunek ruchu materiału (sekwencja sygnałów mutingu)
- ograniczenie czasu trwania mutingu
- zażądanie materiału przez układ sterowania maszyny
- stan roboczy elementów techniki przenośnikowej (np. taśma, przenośnik rolkowy)
- rozpoznawanie materiału na podstawie dodatkowych cech (np. kod kreskowy).

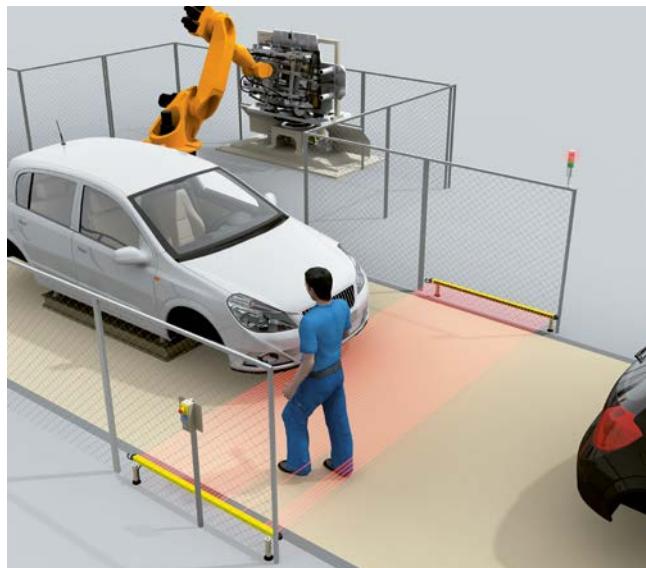
→ Praktyczne zastosowania elektroczułego wyposażenia ochronnego: IEC / TS 62046

Optyczne kurtyny bezpieczeństwa z funkcją Entry-Exit

Inna możliwość przetransportowania materiału do zabezpieczonego obszaru polega na aktywnym odróżnianiu człowieka od materiału (tzw. funkcja Entry-Exit).

W tym zastosowaniu używane są umieszczone poziomo optyczne kurtyny bezpieczeństwa (AOPD). Wykorzystuje się tutaj możliwość pojedynczego analizowania promieni światła w celu odróżniania wzorca przerwania tych promieni charakterystycznego dla materiału lub jego nośnika (np. paleta) od wzorca charakterystycznego dla człowieka.

Dzięki zastosowaniu samoczynnie wyuczanego, dynamicznego algorytmu maskowania oraz innych kryteriów odróżniania, jak np. kierunku ruchu, prędkości, wejścia i wyjścia z pola ochronnego itp. możliwe jest odróżnianie, które zapewnia bezpieczeństwo. W ten sposób skutecznie uniemożliwia się nieroznajomne wtargnięcie osób do obszaru zagrożenia (patrz rysunek).



Funkcja Entry-Exit z poziomem umieszczonymi optycznymi kurtynami bezpieczeństwa w stacji obróbkowej na linii produkcyjnej w fabryce samochodów

Laserowy skaner bezpieczeństwa z przełączaniem pola ochronnego

Alternatywna możliwość przetransportowania materiału do zabezpieczonego obszaru polega na aktywnym przełączaniu pól ochronnych.

Z reguły w tym zastosowaniu używane są laserowe skanery bezpieczeństwa z pionowymi (lub też lekko nachylonymi) polami ochronnymi.

Dzięki odpowiednim sygnałom z układu sterowania maszyny i odpowiednio rozmieszczonym czujnikom możliwe jest uaktywnianie właściwego pola ochronnego z szeregu zaprogramowanych pól ochronnych. Kontur pola ochronnego jest ukształtowany w taki sposób, że przejazd materiału nie prowadzi do zadziałania urządzenia ochronnego, jednakże nienadzorowane obszary są wystarczająco małe, aby zapobiec nieroznajomnemu wtargnięciu osób do obszaru zagrożenia (patrz rysunek).



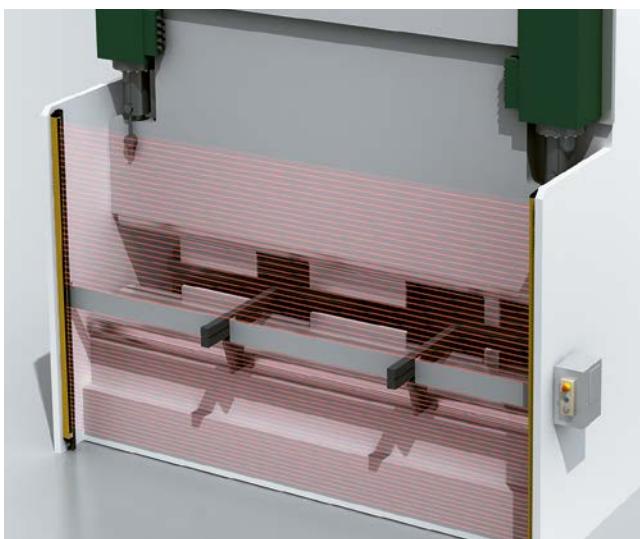
Przejazd materiału z laserowymi skanerami bezpieczeństwa, pionowymi polami ochronnymi i przełączaniem pól ochronnych za pomocą odpowiednio umieszczonych czujników

**3
C**

Dodatkowe funkcje elektroczułego wyposażenia ochronnego

Maskowanie (tzw. blanking)

W przypadku wielu urządzeń AOPD konfiguracja zdolności detekcji i/lub pola ochronnego może być określona w taki sposób, że obecność jednego lub wielu obiektów w określonej części pola ochronnego nie prowadzi do wywołania funkcji bezpieczeństwa (stan wyłączony). Maskowanie może służyć do tego, aby przeprowadzić określone obiekty przez pole ochronne, np. wąż cieczy chłodząco-smarzącej, suwak / przenośnik przedmiotów obrabianych (patrz rysunek).



Stale maskowanie promieni kurtyny świetlnej w prasie krawędziowej

W zamaskowanym obszarze zdolność detekcji elektroczułego wyposażenia ochronnego ulega zwiększeniu (lub pogorszeniu). Przy obliczaniu minimalnego odstępu należy uwzględnić odpowiednie informacje podawane przez producenta.

W przypadku **maskowania stałego** zamaskowany obszar ma na stałe zdefiniowane położenie i wielkość. W przypadku **maskowania ruchomego** na stałe określona jest tylko wielkość obszaru maskowania, nie dotyczy to jednak położenia w polu ochronnym (patrz rysunek).

Maskowanie stałe		Maskowanie ruchome	
Maskowanie stałe	Maskowanie stałe ze zwiększoną tolerancją wielkości	Maskowanie ruchome z pełnym nadzorem obiektu	Maskowanie ruchome z częściowym nadzorem obiektu
Obiekt o stałej wielkości musi znajdować się w określonym miejscu w polu ochronnym.	Od strony operatora przez pole ochronne może przemieszczać się obiekt o ograniczonej wielkości.	Obiekt o stałej wielkości musi znajdować się w określonym obszarze w polu ochronnym. Obiekt może się poruszać.	Obiekt o stałej wielkości może znajdować się w określonym obszarze w polu ochronnym. Obiekt może się poruszać.

Kryteria maskowania stałego i ruchomego

Aby uniknąć luk w polu ochronnym, można wykorzystać nieobecność (albo w niektórych przypadkach zmianę wielkości lub położenia) obiektu, aby wywołać funkcję bezpieczeństwa (stan wyłączony).

Tryb taktowy

Mianem trybu taktowego określa się zastosowanie urządzenia ochronnego do wywoływania funkcji maszyny (sterujące urządzenie ochronne). Ten tryb pracy jest zalecany, gdy elementy są cyklicznie wkładane lub wyjmowane ręcznie.

Zgodnie z normami tryb taktowy wolno realizować wyłącznie z użyciem urządzeń AOPD typu 4 przy rozdzielcości efektywnej $d \leq 30$ mm. W trybie taktowym maszyna oczekuje w zdefiniowanej pozycji na określona liczbę ingerencji operatora. Po określonej liczbie przerwań optyczna kurtyna bezpieczeństwa automatycznie zezwala na wznowienie niebezpiecznego ruchu. Elektroczułe wyposażenie ochronne wymaga zresetowania w następujących warunkach:

- podczas uruchamiania maszyny;
- podczas ponownego uruchomienia, kiedy aktywne optoelektroniczne urządzenie ochronne zadziała w trakcie niebezpiecznego ruchu;
- jeśli w określonym czasie taktu nie zostanie wysłany sygnał taktowania.

Należy koniecznie sprawdzić, czy podczas procesu roboczego nie mogą powstawać żadne zagrożenia dla operatora. Ogranicza to zastosowanie tego trybu pracy do maszyn, w których nie ma możliwości wejścia do obszaru zagrożenia i nie ma możliwości, aby operator pozostawał nierozpoznany w strefie pomiędzy polem ochronnym i maszyną (ochrona przed obejściem zabezpieczeń).

Tryb 1-taktowy oznacza, że aktywne optoelektroniczne urządzenia ochronne wywołuje funkcję maszyny po tym, jak zakończy się ingerencja operatora.

Tryb 2-taktowy oznacza, że aktywne optoelektroniczne urządzenie ochronne nadal blokuje funkcję maszyny po pierwszej ingerencji operatora (np. wyjęcie obrobionego elementu z maszyny). Dopiero kiedy zakończy się druga ingerencja operatora (np. włożenie elementu surowego), aktywne optoelektroniczne urządzenie ochronne zezwala na wznowienie funkcji maszyny.

Tryb taktowy jest często stosowany w prasach i maszynach do wytłaczania, może być jednak stosowany również w innych maszynach (np. stołach obrotowych, automatach montażowych). Podczas stosowania trybu taktowego musi być wykluczone obchodzenie kurtyny świetlnej. W przypadku pras dla trybu taktowego obowiązują specjalne obwarowania.



Tryb 1-taktowy w automacie montażowym z optyczną kurtyną bezpieczeństwa. Podczas wkładania materiału narzędzie znajduje się u góry. Po zwolnieniu pola ochronnego przez operatora rozpoczyna się proces montażu.

W trybie taktowym rozdzielcość urządzenia AOPD musi być wyższa lub równa 30 mm (rozpoznanie palców i dłoni).

- ➔ Wyzwalanie taktowe: normy B – ISO 13855, IEC 61496-1
- ➔ Tryb taktowy w prasach: normy C – EN 692, EN 693

Stacjonarne urządzenia ochronne

Stacjonarne urządzenia ochronne to urządzenia ochronne inne niż szeroko pojęte osłony, wymagające obecności człowieka lub części jego ciała w miejscu poza obszarem zagrożenia.

Pełny i dobry przegląd stacjonarnych urządzeń ochronnych znajduje się w opracowaniu:

→ Alfred Neudörfer: Konstruieren sicherheitsgerechter Produkte (Konstruowanie bezpiecznych produktów), Springer-Verlag, Berlin et al., ISBN 978-3-642-33889-2 (5. wydanie 2013)

Urządzenia sterowania oburęcznego

Urządzenie sterowania oburęcznego chroni zawsze tylko jedną osobę! Przy większej liczbie operatorów każda osoba musi posługiwać się jednym urządzeniem sterowania oburęcznego. Niebezpieczny ruch może być zapoczątkowany tylko poprzez świadome uruchomienie urządzenia sterowania oburęcznego dwiema rękami i musi zostać zatrzymany, gdy jedna ręka zostanie zdjęta z urządzenia.

Istnieją różne typy urządzeń sterowania oburęcznego. Cechy odróżniające to rodzaj elementów usługowych oraz wymagania w zakresie bezpieczeństwa technicznego.

Dla wszystkich typów obowiązują następujące zasady podstawowe:

- Musi być zagwarantowane korzystanie z obu rąk.
- Puszczenie jednego z dwóch elementów usługowych powoduje zakończenie niebezpiecznego ruchu.
- Nie istnieje możliwość przypadkowego uruchomienia.
- Nie istnieje możliwość łatwego ominięcia działania ochronnego.
- Urządzenia sterowania oburęcznego nie można zabrać ze sobą do obszaru zagrożenia.

Dla urządzeń sterowania oburęcznego typu II i typu III obowiązuje dodatkowo:

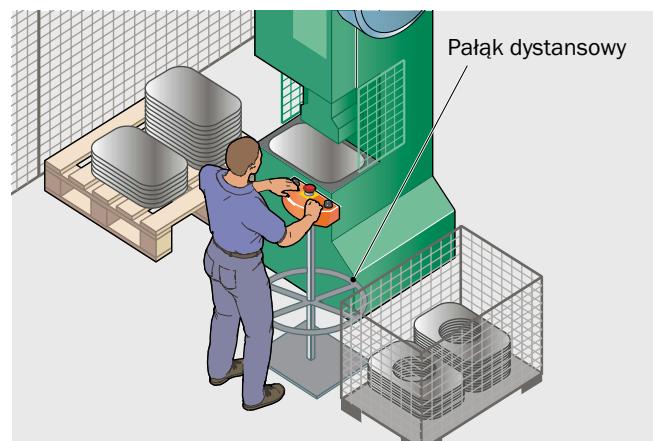
- Ponowne włączenie ruchu może nastąpić dopiero po puszczeniu obu elementów usługowych i ponownym naciśnięciu.

Dla urządzeń sterowania oburęcznego typu III obowiązuje dodatkowo:

- Włączenie ruchu może nastąpić dopiero po synchronicznym uruchomieniu obu elementów usługowych w ciągu 0,5 sekundy.

Dla urządzeń sterowania oburęcznego typu III zdefiniowane są podtypy ze szczegółowymi wymaganiami w zakresie bezpieczeństwa technicznego. Najważniejsze podtypy to:

- Typ III A: analiza jednego styku normalnie otwartego na każdy element usługowy (2 wejścia)
- Typ III C: analiza jednego styku normalnie otwartego i jednego styku normalnie zamkniętego na każdy element usługowy (4 wejścia)



→ Wymagania dot. urządzeń sterowania oburęcznego:
ISO 13851 (norma B)

→ Obliczanie minimalnego odstępu dla urządzeń do obsługi dwuręcznej → 3-52

Urządzenia zezwalające

Podczas dokonywania nastaw, prac serwisowych i przy koniecznej obserwacji procesu produkcji z bliska istnieje między innymi konieczność czasowego wyłączenia działania urządzeń ochronnych. Oprócz środków minimalizujących ryzyko (zmniejszona siła/prędkość itp.) konieczne jest także zastosowanie urządzeń sterujących, które muszą być aktywowane przez cały czas blokowania urządzeń ochronnych. Taką możliwość dają urządzenia zezwalające.

Są to urządzenia sterujące uruchamiane przez części ciała, za pomocą których operator zezwala na określone funkcje maszyny. Z reguły stosuje się przyciski ręczne lub przełączniki nożne. Jako dodatkowe urządzenie sterujące uruchomieniem stosuje się joysticki lub przyciski do sterowania impulsowego. Sprawdzone na gruncie przemysłowym i godne polecenia są trójstopniowe urządzenia zezwalające.



Uruchomienia maszyny nie można spowodować przez samo naciśnięcie przycisku zezwolenia. Ruch jest możliwy tylko podczas trzymania wciśniętego przycisku zezwolenia.

**3
C**

Sposób działania trójstopniowego przycisku zezwolenia:

Położenie	Element uruchamiający	Funkcja
1	Nienaciśnięty	Wył
2	W położeniu środkowym (przyciśnięcie)	Zezwolenie
3	Poza położeniem środkowym	Zatrzymanie awaryjne (wył.)

Przy przejściu z położenia 3 do położenia 2 nie może zostać przywrócona funkcja zezwolenia.

Jeśli urządzenia zezwalające są wykonane z oddzielnymi stykami w położeniu 3, to powinny być podłączone do obwodu sterującego zatrzymaniem awaryjnym.

Także w przypadku stosowania urządzeń zezwalających duże znaczenie ma zabezpieczenie przed manipulacjami.

→ Wymagania dot. urządzeń zezwalających: ISO 60204-1 (norma B)

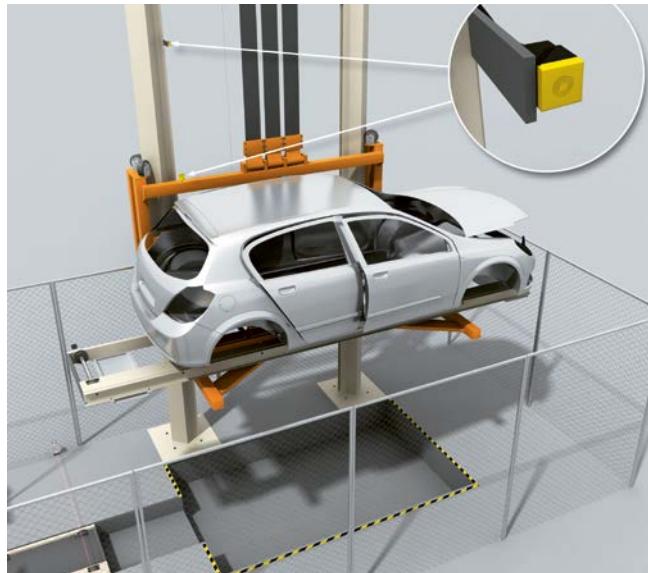
Sensoryka do kontroli parametrów maszyny

Analiza ryzyka może wykazać, że podczas pracy należy kontrolować i rejestrować określone parametry maszyny.

Bezpieczna kontrola położenia

Jeśli maszyna nie ma mijać lub opuszczać pewnego określonego położenia, można w tym celu wykorzystać odpowiednie do zadań związanych z bezpieczeństwem czujniki lub wyłączniki pozycyjne (→ 3-19).

Do realizacji tego zadania bardzo dobrze nadają się bezdotykowe, indukcyjne wyłączniki pozycyjne. Monitorują one pod kątem obecności określonej części osi robota lub ruchomego elementu maszyny, a przy tym nie wymagają specjalnego elementu współpracującego, nie ulegają zużyciu i wykazują wysoki stopień ochrony.



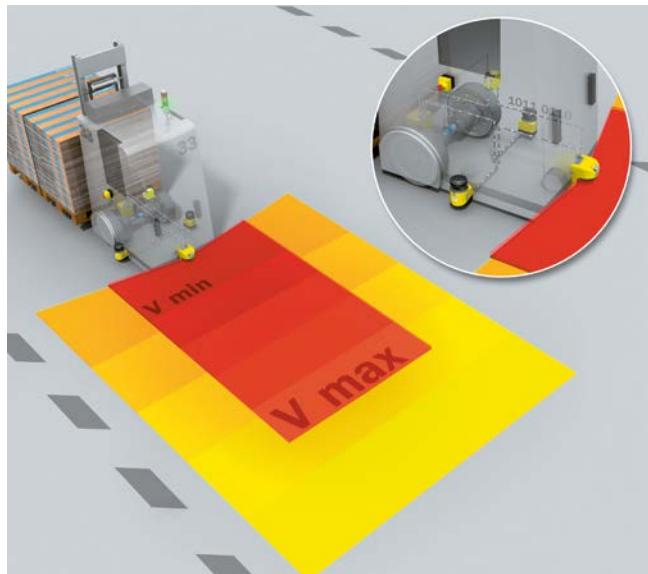
Bezpieczna kontrola położenia windy na linii produkcyjnej w fabryce samochodów

3
C

Kontrola obrotów, prędkości, dobiegu

Enkodery bezpieczeństwa lub systemu pomiaru drogi umożliwiają rejestrację i analizę obrotów, prędkości lub dobiegu. W systemach transportu samojezdnego sygnały enkoderów mogą być stosowane w celu dopasowania wielkości pola ochronnego laserowych skanerów bezpieczeństwa do prędkości jazdy.

Bezpieczne moduły kontroli zatrzymania lub prędkości obrotowej monitorują ruch napędów za pomocą czujników lub enkoderów i w przypadku stwierdzenia zatrzymania lub odchylenia od ustawionych parametrów generują bezpieczny sygnał sterujący. Przy wyższych wymaganiach technicznych w zakresie bezpieczeństwa możliwe jest stosowanie odpowiednio zabezpieczonych lub redundantnych enkoderów. W innej wersji istnieje też możliwość monitorowania napięcia indukowanego przez magnetyzm szczątkowy zatrzymującego się pola silnika.



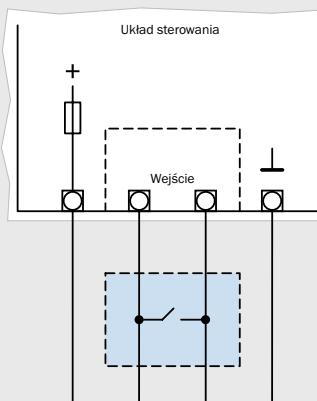
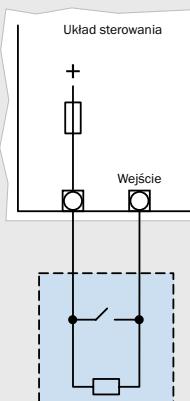
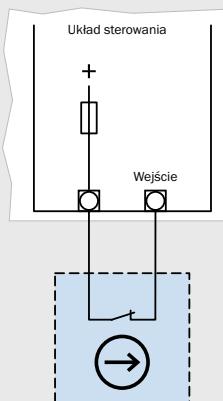
Kontrola prędkości w celu przełączania pola ochronnego w pojeździe transportowym bez kierowcy

Maty czułe na nacisk, listwy załączające (naciskowe), zderzaki

W niektórych zastosowaniach wskazane może być wykorzystanie wrażliwych na nacisk urządzeń ochronnych. Ich zasada działania opiera się w większości przypadków na elastycznym odkształceniu ciała sprężystego, które powoduje wykonanie funkcji bezpieczeństwa przez wewnętrzny nadajnik sygnału (elektromechaniczny lub optyczny).

Istnieją różne wersje typowych systemów działających na zasadzie elektromechanicznej.

Efektywne działanie funkcji bezpieczeństwa zależy w każdym przypadku od prawidłowego zaprojektowania od strony mechanicznej i integracji. Rozpoznawanie dzieci o masie ciała poniżej 20 kg nie jest omawiane w normach produktowych dla mat i płyt czułych na nacisk.

Wersje działające na zasadzie zwarcia (zasada prądu roboczego)		Wersja otwierająca w sposób wymuszony (zasada prądu spoczynkowego)
Wariant 4-przewodowy	Wariant z rezystorem	
		

Przy aktywacji urządzenia ochronnego dochodzi do zwarcia. W wersji 4-przewodowej następuje zwarcie obwodu elektrycznego (kilka omów). W wariantie z rezystorem wykrywana jest zmiana w stosunku do wartości zadanej rezystancji (w zakresie kiloomów). Te wersje wymagają bardziej kosztownej analizy.

Ta wersja jest bardziej uniwersalna i ma więcej zalet. Przy aktywacji urządzenia ochronnego następuje otwarcie zestyku przewodowego. Dzięki specjalnemu poprowadzeniu przewodów wykluczone jest zwarcie między przewodami.

→ Projektowanie wrażliwych na nacisk urządzeń ochronnych: norma B – ISO 13856 (szereg norm)

Przełączniki nożne

Przełączniki nożne stosuje się do sterowania procesami roboczymi. Przełączniki nożne można wykorzystać do realizacji funkcji bezpieczeństwa w niektórych maszynach (np. prasach, wyttaczarkach, zginarkach i maszynach do obróbki blachy) tylko w osobnych trybach pracy i w połączeniu z innymi środkami ochronnymi (np. mała prędkość).

Jednakże należy je wówczas wykonać w specjalny sposób:

- z osłoną zabezpieczającą przed przypadkowym włączeniem;
- w wersji trójstopniowej, analogicznie jak w przypadku zasady działania przycisku zezwolenia (patrz „Sposób działania trójstopniowego przycisku zezwolenia” → 3-43);
- z możliwością manualnego cofnięcia (ręcznie) przy mocniejszym naciśnięciu elementu uruchamiającego;
- po zatrzymaniu niebezpiecznego ruchu ponowne uruchomienie nogą może nastąpić dopiero po zwolnieniu i ponownym naciśnięciu przycisku nożnego;
- analiza stanu co najmniej jednego styku normalnie otwartego i jednego styku normalnie zamkniętego;
- przy większej liczbie operatorów każda osoba musi posługiwać się jednym przyciskiem nożnym.

Uzupełniające środki ochrony

W razie potrzeby należy przewidzieć dodatkowe środki ochrony, które nie polegają na samoistnie bezpiecznej konstrukcji, ani na technicznych środkach ochrony.

Takimi środkami uzupełniającymi są między innymi:

- urządzenia do zatrzymywania w sytuacji awaryjnej;
- środki mające na celu uwolnienie lub ratowanie uwięzionych osób;
- środki mające na celu odłączenie dopływu energii lub jej odprowadzenie (→ 2-4 oraz 2-5);
- zabiegi sprawiające, że posługiwanie się maszynami i ciężkimi elementami jest łatwiejsze i bezpieczniejsze;
- środki zapewniające bezpieczny dostęp do maszyn.

Jeśli te uzupełniające środki są zależne od prawidłowego działania odpowiednich części układu sterowania, stanowią one „funkcje bezpieczeństwa” i muszą być wówczas spełnione wymagania bezpieczeństwa funkcjonalnego (patrz rozdział „Stosowanie funkcji resetowania i ponownego uruchamiania” → 3-65).

Postępowanie w sytuacji awaryjnej

Zatrzymanie awaryjne (zatrzymanie w sytuacji awaryjnej)

W sytuacji awaryjnej muszą zostać zatrzymane nie tylko wszystkie niebezpieczne ruchy, ale także muszą zostać odprowadzone wszystkie energie stwarzające zagrożenie, np. zmagazynowane energie. To działanie określa się mianem zatrzymania awaryjnego. Każda maszyna – poza wyjątkami opisanymi w dyrektywie maszynowej – musi być wyposażona w co najmniej jedno urządzenie do zatrzymania awaryjnego.

- Urządzenia do zatrzymania awaryjnego muszą być łatwo dostępne.
- Zatrzymanie awaryjne musi jak najszybciej zakończyć niebezpieczny stan bez stwarzania dodatkowego ryzyka.
- Polecenie zatrzymania awaryjnego musi mieć pierwszeństwo przed wszelkimi innymi funkcjami i poleceniami we wszystkich trybach pracy.
- Cofnięcie zatrzymania awaryjnego nie może powodować ponownego uruchomienia w dowolnym sensie.
- Musi być stosowana zasada bezpośredniego działania z funkcją ryglowania mechanicznego.
- Zatrzymanie awaryjne musi odbywać się zgodnie z kategorią zatrzymania 0 lub 1 (→ 2-9).

Wyłączenie awaryjne (wyłączenie w sytuacji awaryjnej)

Jeśli istnieje możliwość narażenia lub uszkodzenia wskutek działania energii elektrycznej, wówczas musi być przewidziany wyłącznik awaryjny. Powoduje on wyłączenie zasilania elektrycznego za pomocą elektromechanicznej aparatury łączeniowej.

- Zasilanie elektryczne może zostać ponownie włączone dopiero po cofnięciu wszystkich poleceń wyłączenia awaryjnego.
- Wyłącznik awaryjny ma kategorię zatrzymania 0 (→ 2-9).

Resetowanie

Jeśli zostanie aktywowane urządzenie zatrzymania awaryjnego, wówczas wyłączone przez nie wyposażenie musi pozostawać wyłączone do czasu zresetowania tegoż urządzenia.

Resetowanie urządzeń sterujących musi odbywać się ręcznie w danej lokalizacji. Wolno przy tym jedynie przygotować maszynę do ponownego rozruchu.

Zatrzymanie awaryjne oraz wyłącznik awaryjny to uzupełniające środki ochrony i nie zmniejszają w żaden sposób ryzyka związanego z użytkowaniem maszyn.

Wymagania i sposoby wykonania

Styki zastosowanych urządzeń sterujących muszą być zestykami rozwieronymi o wymuszonym otwarciu. Elementy obsługowe muszą być koloru czerwonego, zaś ich tło musi być żółte. Można stosować:

- wyłączniki obsługiwane przyciskiem grzybkowym;
- wyłączniki uruchamiane stalowymi linkami, sznurkami lub szynami;
- wyłączniki nożne bez osłony zabezpieczającej (do zatrzymania awaryjnego);
- wyłącznik sieciowy.

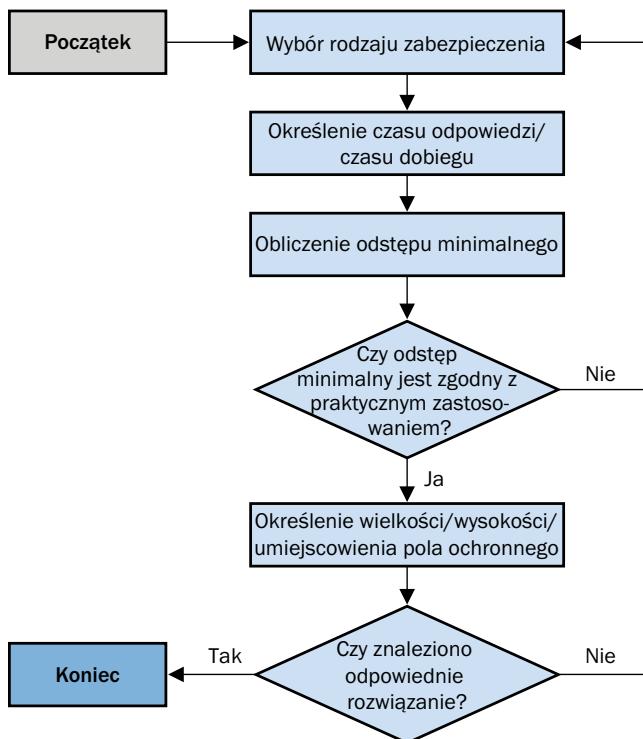
Jeśli do uruchamiania urządzeń zatrzymania awaryjnego stosowane są linki stalowe lub sznurki, wówczas muszą być one w taki sposób zaprojektowane i umieszczone, aby dawały się łatwo uruchomić i wywołyły określoną funkcję. Urządzenia resetujące powinny być tak rozmieszczone, aby z miejsca obsługi tegoż urządzenia było widać całą długość stalowej linki lub sznurka.

- Zasady projektowania urządzeń zatrzymania awaryjnego: ISO 13850
- Zatrzymanie w sytuacji awaryjnej: Dyrektywa maszynowa 2006/42/WE

Umiejscowienie i dobór parametrów urządzeń ochronnych

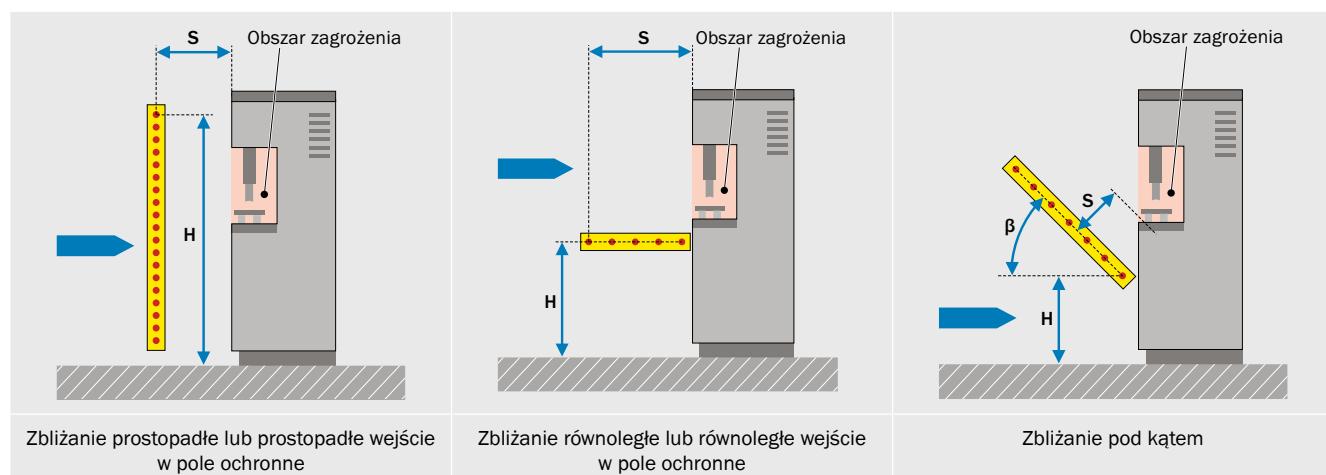
Ważnym aspektem przy wyborze optymalnego urządzenia ochronnego jest ilość dostępnego miejsca. Należy zagwarantować, że niebezpieczny stan zostanie usunięty odpowiednio wcześnie, przed dotarciem do miejsca zagrożenia.

Wymagany minimalny odstęp zależy między innymi od wielkości i sposobu wykonania urządzenia ochronnego.



Minimalna odległość dla elektroczułego wyposażenia ochronnego w zależności od zbliżania

Przedstawione tutaj rozważania nad minimalną odlegością obowiązują dla elektroczułego wyposażenia ochronnego z dwuwymiarowym polem ochronnym, takiego jak kurtyny i bariery świetlne (AOPD), skanery laserowe (AOPDDR) lub dwuwymiarowe systemy kamer. Ogólnie rozróżnia się trzy rodzaje zbliżenia.



Po wybraniu elektroczułego wyposażenia ochronnego powodującego zatrzymanie należy obliczyć konieczny odstęp minimalny pomiędzy polem ochronnym elektroczułego wyposażenia ochronnego a najbliższej położonym miejscem zagrożenia.

Należy uwzględnić następujące parametry:

- czas zatrzymania maszyny
- czas odpowiedzi układu sterowania związanego z bezpieczeństwem
- czas odpowiedzi elektroczułego wyposażenia ochronnego (ESPE)
- dodatek w zależności od rozdzielczości elektroczułego wyposażenia ochronnego i/lub rodzaju zbliżania.

→ Obliczenie minimalnej odległości dla elektroczułego wyposażenia ochronnego jest opisane w normie ISO 13855 (normy B).

Ogólny wzór obliczeniowy

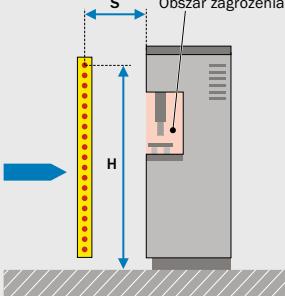
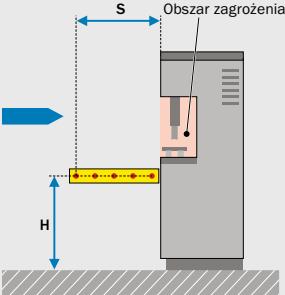
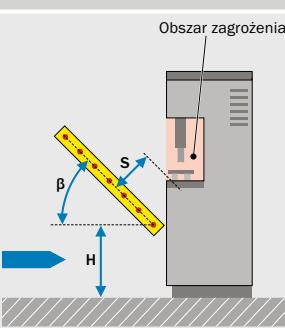
$$S = (K \times T) + C$$

Jeśli minimalna odległość jest za duża i niemożliwa do zaakceptowania z ergonomicznego punktu widzenia, należy skrócić całkowity czas zatrzymania maszyny lub zastosować elektroczułe wyposażenie ochronne o większej rozdzielczości. Należy uniemożliwić ewentualne obchodzenie wyposażenia ochronnego.

Gdzie ...

- **S** jest minimalną odlegością w milimetrach, mierząc od najbliższego miejsca zagrożenia do punktu/linii/płaszczyzny rozpoznawania elektroczułego wyposażenia ochronnego.
- **K** jest parametrem wyrażonym w milimetrach na sekundę, wynikającym z danych o prędkościach zbliżania się ciała lub jego części.
- **T** jest czasem dobiegu całego systemu w sekundach.
- **C** jest dodatkową odlegością w milimetrach, który reprezentuje wtargnięcie do obszaru zagrożenia przed wyzwoleniem funkcji urządzenia ochronnego. Jeśli pole ochronne elektroczułego wyposażenia ochronnego nie umożliwia sięgania ponad nim, wówczas C jest zależne od zdolności detekcji (rozdzielczości) ESPE i określone jest mianem C_{RT} (reach through = sięganie przez zabezpieczenie). Jeśli pole ochronne elektroczułego wyposażenia ochronnego umożliwia sięganie ponad nim, wówczas C jest zależne od wysokości pola ochronnego ESPE i określone jest mianem C_{RO} (reach over = sięganie ponad zabezpieczeniem).

W zamieszczonej poniżej tabeli znajdują się wzory stosowane do obliczania minimalnej odległości S w zależności od zbliżenia do pola ochronnego.

Zbliżanie pod kątem prostym: $\beta = 90^\circ (\pm 5^\circ)$												
		Krok 1. Obliczenie minimalnej odległości S <table border="1"> <tr> <td>$d \leq 40 \text{ mm}$</td><td>$S = 2000 \times T + 8 \times (d - 14)$ Jeśli $S > 500 \text{ mm}$, wówczas należy przyjąć: $S = 1600 \times T + 8 \times (d - 14)$. W takim przypadku S nie może być $< 500 \text{ mm}$.</td><td>Odstęp minimalny S nie może być $< 100 \text{ mm}$. $C = 8 \times (d - 14)$ jest tutaj dodatkowej odległości w milimetrach, który reprezentuje wtargnięcie do obszaru zagrożenia przed wy- zwoleniem funkcji urządzenia ochronnego.</td></tr> <tr> <td>$40 < d \leq 70 \text{ mm}$</td><td>$S = 1600 \times T + 850$</td><td>Wysokość najwyższej wiązki $\leq 300 \text{ mm}$ Wysokość najwyższej wiązki $\geq 900 \text{ mm}$</td></tr> <tr> <td>$d > 70 \text{ mm}$</td><td>$S = 1600 \times T + 850$</td><td>Liczba wiązek Zalecane wysokości 4 300, 600, 900, 1200 mm 3 300, 700, 1100 mm 2 400, 900 mm (400 mm wolno przyjąć tylko wtedy, gdy nie ma możliwości podczółgania się).</td></tr> </table>		$d \leq 40 \text{ mm}$	$S = 2000 \times T + 8 \times (d - 14)$ Jeśli $S > 500 \text{ mm}$, wówczas należy przyjąć: $S = 1600 \times T + 8 \times (d - 14)$. W takim przypadku S nie może być $< 500 \text{ mm}$.	Odstęp minimalny S nie może być $< 100 \text{ mm}$. $C = 8 \times (d - 14)$ jest tutaj dodatkowej odległości w milimetrach, który reprezentuje wtargnięcie do obszaru zagrożenia przed wy- zwoleniem funkcji urządzenia ochronnego.	$40 < d \leq 70 \text{ mm}$	$S = 1600 \times T + 850$	Wysokość najwyższej wiązki $\leq 300 \text{ mm}$ Wysokość najwyższej wiązki $\geq 900 \text{ mm}$	$d > 70 \text{ mm}$	$S = 1600 \times T + 850$	Liczba wiązek Zalecane wysokości 4 300, 600, 900, 1200 mm 3 300, 700, 1100 mm 2 400, 900 mm (400 mm wolno przyjąć tylko wtedy, gdy nie ma możliwości podczółgania się).
$d \leq 40 \text{ mm}$	$S = 2000 \times T + 8 \times (d - 14)$ Jeśli $S > 500 \text{ mm}$, wówczas należy przyjąć: $S = 1600 \times T + 8 \times (d - 14)$. W takim przypadku S nie może być $< 500 \text{ mm}$.	Odstęp minimalny S nie może być $< 100 \text{ mm}$. $C = 8 \times (d - 14)$ jest tutaj dodatkowej odległości w milimetrach, który reprezentuje wtargnięcie do obszaru zagrożenia przed wy- zwoleniem funkcji urządzenia ochronnego.										
$40 < d \leq 70 \text{ mm}$	$S = 1600 \times T + 850$	Wysokość najwyższej wiązki $\leq 300 \text{ mm}$ Wysokość najwyższej wiązki $\geq 900 \text{ mm}$										
$d > 70 \text{ mm}$	$S = 1600 \times T + 850$	Liczba wiązek Zalecane wysokości 4 300, 600, 900, 1200 mm 3 300, 700, 1100 mm 2 400, 900 mm (400 mm wolno przyjąć tylko wtedy, gdy nie ma możliwości podczółgania się).										
Krok 2. Obliczenie wymaganej wysokości górnej krawędzi pola ochronnego (→ 3-57)												
		Krok 1. Obliczenie minimalnej odległości S $S = 1600 \times T + (1200 - 0,4 \times H) \quad \text{gdzie} \quad H \leq 1000 \text{ mm}$ $C = (1200 - 0,4 \times H) \geq 850 \text{ mm}$ Krok 2. Obliczenie wymaganej rozdzielczości w zależności od wysokości pola ochronnego $d \leq \frac{H}{15} + 50 \text{ mm} \quad \begin{array}{l} H \leq 1000 \text{ mm} \\ d \leq 117 \text{ mm} \end{array}$										
Zbliżanie pod kątem: $5^\circ < \beta < 85^\circ$												
		$\beta > 30^\circ$ $\beta < 30^\circ$ Por. zbliżanie pod kątem prostym. Por. zbliżanie równoległe.										
		$d \leq \frac{H}{15} + 50 \text{ mm}$ odnosi się do najwyższej wiązki. Odległość S stosuje się wobec najbardziej oddalonej od obszaru zagrożenia wiązki światła, której wysokość jest $\leq 1000 \text{ mm}$.										

S: minimalna odległość

H: wysokość pola ochronnego (płaszczyzny detekcji)

d: rozdzielczość ESPE

 β : kąt pomiędzy płaszczyzną detekcji a kierunkiem zbliżenia

T: czas dobiegu całego systemu

Przypadki szczególne

Zastosowanie w przypadku prasy

W odróżnieniu od ogólnych norm, w specyficznych dla danego typu maszyn normach C mogą znajdować się specjalne zalecenia. W szczególności dla pras i obróbki metali obowiązują następujące zalecenia:

Obliczanie dodatku w przypadku pras		
Rozdzielnica d (mm) elektroczułego wyposażenia ochronnego	Dodatek C (mm)	Wywołanie ruchu przez ESPE/tryb taktowy
d ≤ 14	0	Dopuszczalne
14 < d ≤ 20	80	
20 < d ≤ 30	130	
30 < d ≤ 40	240	Niedopuszczalne
> 40	850	

→ Normy dotyczące pras: EN 692/693 (normy C)

3
C

Elektroczułe wyposażenie ochronne do ochrony przed obejściem zabezpieczeń

Ten rodzaj zabezpieczenia jest godny polecenia dla dużych urządzeń, do których dojście jest możliwe od spodu. W tym szczególnym przypadku trzeba zapobiec uruchomieniu maszyny (funkcja bezpieczeństwa „Uniemożliwienie uruchomienia”), gdy operator znajduje się w jej wnętrzu. Chodzi przy tym o wtórne urządzenie ochronne, które rejestruje obecność osób w obszarze zagrożenia i w tym czasie uniemożliwia zainicjowanie niebezpiecznego stanu maszyny. Dodatkowo oprócz elektroczułego wyposażenia ochronnego chroniącego przed obejściem zabezpieczeń musi być zapewniona pierwotna funkcja bezpieczeństwa „Zainicjowanie zatrzymania”, np. w postaci innego elektroczułego wyposażenia ochronnego albo osłony ruchomej. Odstęp minimalny musi być w tym przypadku obliczony dla głównego urządzenia ochronnego (np. dla pionowej kurtyny świetlnej, której zadaniem jest zatrzymanie urządzenia).



Laserowe skanery bezpieczeństwa na stacji obróbkowej jako funkcja bezpieczeństwa; 1. Zainicjowanie zatrzymania i funkcja bezpieczeństwa; 2. Zapobieganie uruchomieniu (ochrona przed obejściem zabezpieczeń)

Zastosowania elektroczułego wyposażenia ochronnego**w pojazdach**

Jeśli niebezpieczny stan jest powodowany przez pojazd, to jako podstawę przy określaniu odstępu minimalnego przyjmuje się z reguły prędkość jazdy pojazdu, a nie prędkość zbliżania się człowieka. Jeśli pojazd (a tym samym urządzenie ochronne) i człowiek zbliżają się, to w normalnym przypadku wychodzi się z założenia, że człowiek zauważa zagrożenie i staje lub oddala się. Dodatek minimalny musi być więc tylko na tyle duży, aby umożliwić bezpieczne zatrzymanie pojazdu.

Zależnie od zastosowania i stosowanej technologii mogą być jeszcze konieczne dodatkowe odległości zabezpieczające.

**Stacjonarne zastosowanie elektroczułego wyposażenia ochronnego poruszającego się wraz z narzędziem**

W niektórych maszynach, ze względu na ich funkcję operator znajduje się bardzo blisko obszaru zagrożenia. W przypadku zginarek lub pras krawędziowych niewielkie kawałki blachy muszą być trzymane tuż przy krawędzi zgłęcia. Jako sprawdzone w praktyce urządzenia ochronne upowszechniły się systemy współbieżne, które tworzą pole ochronne naokoło otworów narzędzia. Nie uwzględnia się tutaj prędkości sięgania, dlatego ogólny wzór nie ma zastosowania.

Wymagania pod względem rozdzielczości są bardzo wysokie, a odblaski na powierzchniach metalicznych muszą być wykluczone. Z tego powodu zastosowanie znajdują zogniskowane systemy laserowe z analizą na podstawie obrazu kamery. Ten rodzaj zabezpieczenia wraz z innymi środkami towarzyszącymi (np. 3-pozycyjne przełączniki nożne, automatyczny pomiar dobiegu, obowiązek używania rękawic itp.) jest zdefiniowany w normach C.

→ Bezppieczeństwo pras krawędziowych: EN 12622 (norma C)

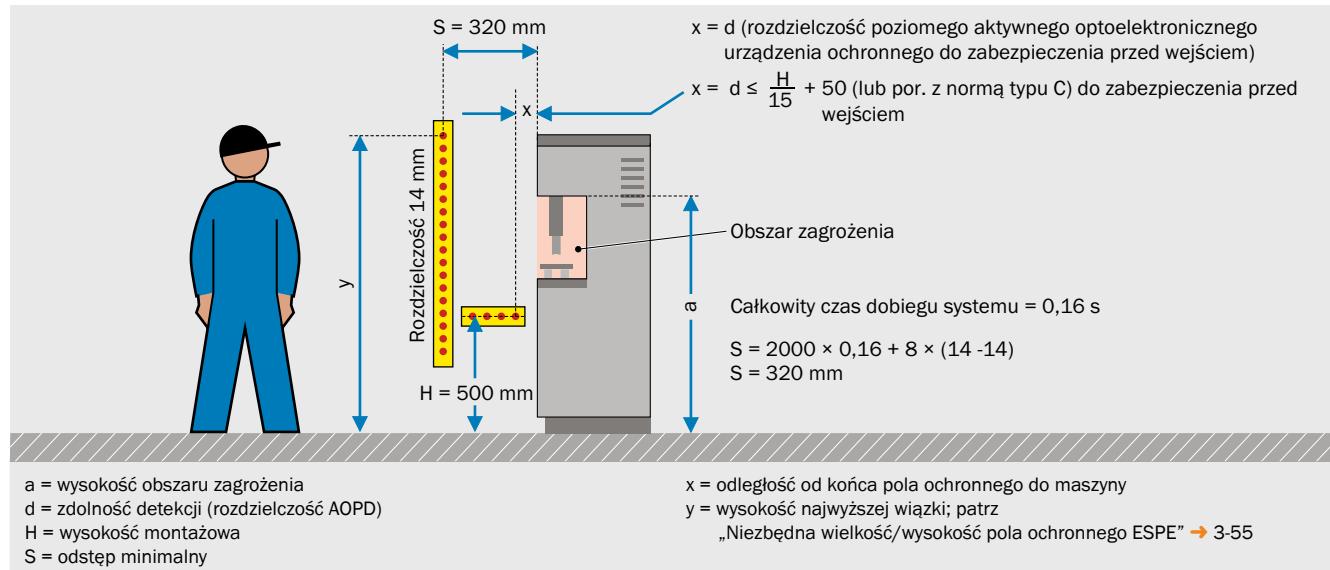
Pomiar czasu dobiegu i koniecznej odległości bezpieczeństwa wymaga odpowiedniej wiedzy i wyposażenia.
Firma SICK oferuje tego typu pomiary w formie usługi.

Przykłady obliczeń odstępu minimalnego

Rozwiązanie 1: zbliżanie pod kątem prostym – zabezpieczenie miejsca zagrożenia z ochroną przed obejściem zabezpieczeń

W wyniku obliczenia przedstawionego na rysunku otrzymujemy odstęp minimalny $S = 320 \text{ mm}$. Dzięki zastosowaniu optycznej kurtyny bezpieczeństwa o maksymalnej rozdzielczości jest to zarazem optymalna minimalna odległość

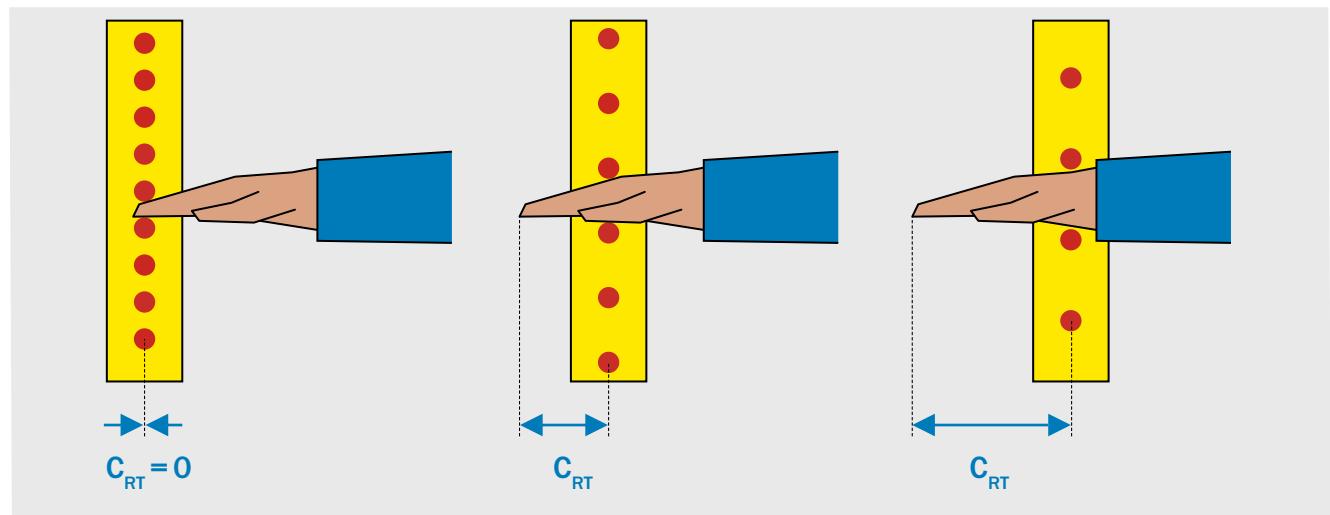
Aby obecność człowieka była rejestrowana w całym obszarze zagrożenia, stosowane są dwa urządzenia AOPD: pionowe, które jest zamontowane odpowiednio do obliczonej minimalnej odległości (zbliżenie w pionie) oraz poziome, które eliminuje niebezpieczeństwo obejścia zabezpieczeń.



Zależny od rozdzielczości naddatek C_{RT}

Zależnie od zdolności detekcji (rozdzielczości) elektroczułego wyposażenia ochronnego istnieje możliwość, że ESPE zadziała (rozpoznając człowieka) już po przekroczeniu pola ochronnego

przez kończyny. Należy to uwzględnić, dodając zależny od rozdzielczości naddatek C_{RT} .

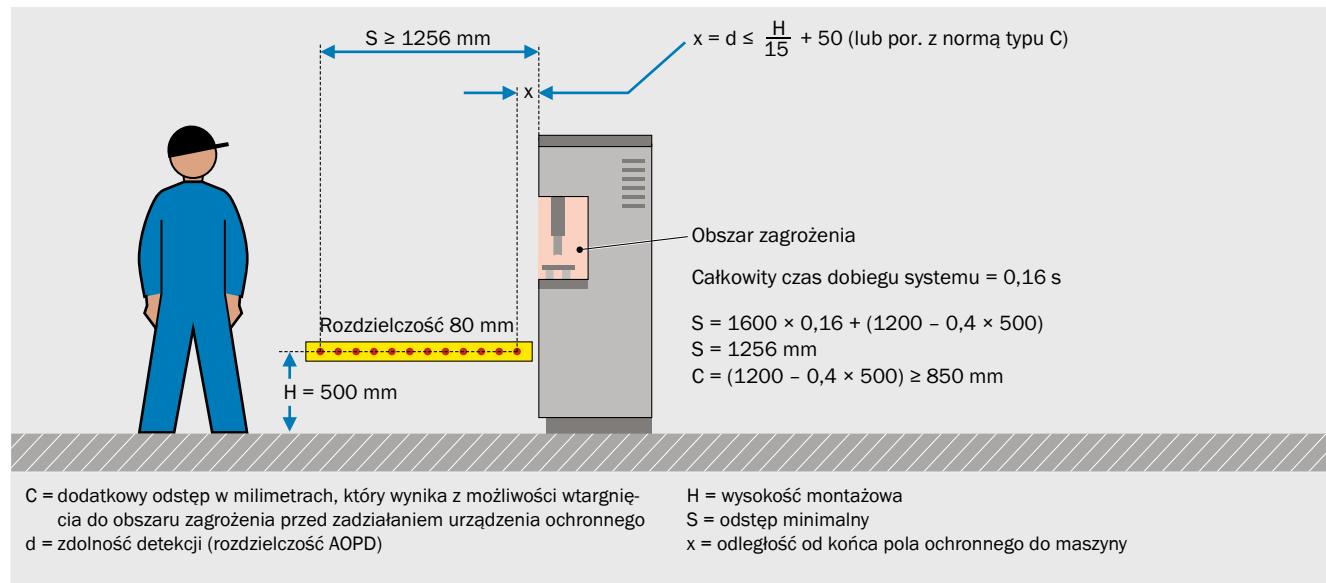


Na rysunku przedstawiono przykłady nierożpoznanego sięgania przez zabezpieczające kurtyny świetlne o różnej zdolności detekcji.

Rozwiązanie 2: zbliżanie równolegle – zabezpieczenie obszaru zagrożenia

Zastosowano poziome urządzenie AOPD. Na rysunku poniżej przedstawiono obliczanie minimalnej odległości S oraz umiejscowienie AOPD. Przez zwiększenie wysokości montażowej urządzenia AOPD do 500 mm można zmniejszyć minimalną odległość. Dla takiej wysokości można zastosować AOPD

o rozdzielczości większej lub równej 80 mm. Musi być jednak wykluczony dostęp do obszaru zagrożenia poniżej AOPD. Ten rodzaj zabezpieczenia realizowany jest często za pomocą AOPDDR (skaner laserowy). W przypadku tych urządzeń należy jednak uwzględnić dodatkowe odstępy uwarunkowane technologicznie.

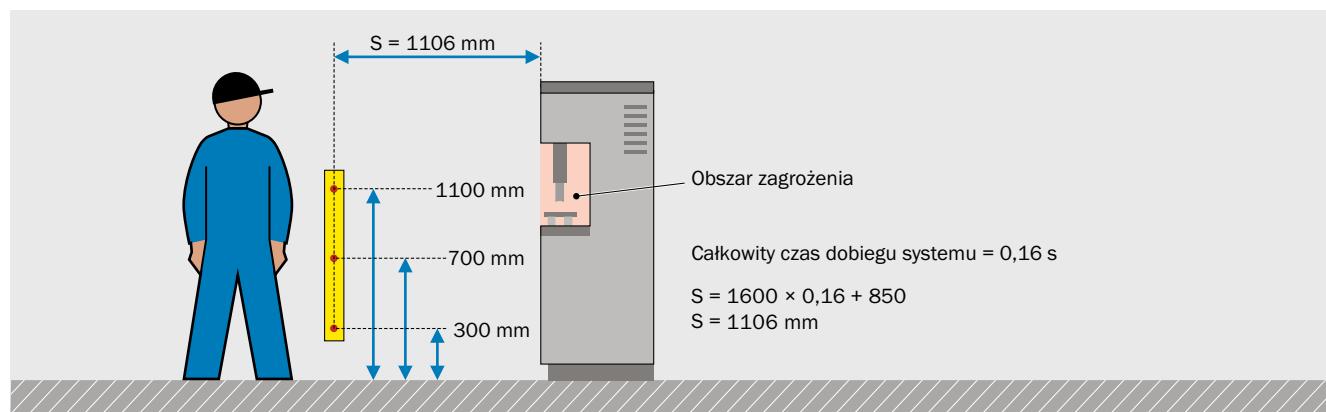


**3
C**

Rozwiązanie 3: zabezpieczenie dostępu

Zabezpieczenie dostępu za pomocą trzech wiązek (przy wysokości 300 mm, 700 mm i 1100 mm) pozwala na zbliżanie prostopadłe. Takie rozwiązanie dopuszcza sytuację, w której nierośpoznany operator znajduje się pomiędzy obszarem zagrożenia a urządzeniem AOPD. W związku z tym należy podjąć

dodatkowe środki bezpieczeństwa, zmniejszające takie ryzyko. Urządzenie sterujące (np. przycisk reset) musi być umieszczone tak, aby z jego pozycji widać było cały obszar zagrożenia. Dosięgnięcie go z wnętrza obszaru zagrożenia musi być wykluczone.



Zestawienie wyników

W poniższej tabeli przedstawiono wyniki dla poszczególnych rozwiązań. Wyboru jednego z tych rozwiązań należy dokonać w oparciu o potrzeby eksploatacyjne.

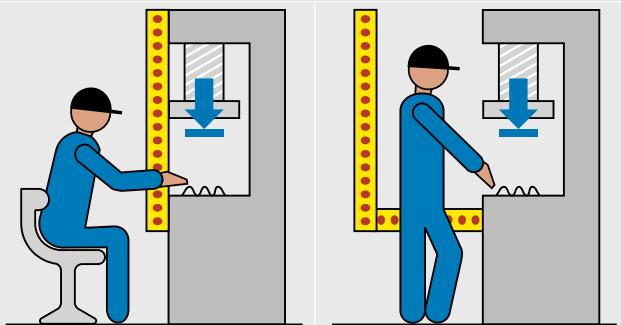
Rozwiązanie przy czasie dobiegu = 0,16 s	Zalety	Wady
1 Zabezpieczenie punktu zagrożenia S = 320 mm	<ul style="list-style-type: none"> Wyższa wydajność pracy, ponieważ operator stoi bliżej procesu roboczego (krótsza droga) Możliwe uruchomienie automatyczne lub praca w trybie taktowym Niewielkie zapotrzebowanie na miejsce 	<ul style="list-style-type: none"> Wyższa cena urządzenia ochronnego z powodu dobrej rozdzielczości i ochrony przed obejściem zabezpieczeń
2 Zabezpieczenie obszaru zagrożenia S = 1256 mm	<ul style="list-style-type: none"> Możliwe uruchomienie automatyczne Pozwala na zabezpieczenie dostępu niezależnie od wysokości obszaru zagrożenia 	<ul style="list-style-type: none"> Operator jest o wiele bardziej oddalony (długa droga) Większe zapotrzebowanie na miejsce Niższa wydajność pracy
3 Zabezpieczenie dostępu S = 1106 mm	<ul style="list-style-type: none"> Rozwiązanie najkorzystniejsze cenowo Pozwala na zabezpieczenie dostępu niezależnie od wysokości obszaru zagrożenia Możliwe zabezpieczenie z kilku stron za pomocą luster odbijających 	<ul style="list-style-type: none"> Operator jest o wiele bardziej oddalony (długa droga) Najniższa wydajność pracy (konieczność resetowania ESPE za każdym razem) Należy uwzględnić ryzyko ominięcia zabezpieczeń. Nie zaleca się, gdy kilka osób pracuje na jednym stanowisku.

Niezbędna wielkość/wysokość pola ochronnego ESPE

Podczas montażu urządzeń ochronnych należy wykluczyć następujące błędy:

- Miejsce zagrożenia może być dostępne tylko przez pole ochronne.
- Miejsca zagrożeń nie mogą być dostępne poprzez siegnięcie nad/pod/przez pole ochronne.
- Jeśli istnieje możliwość ominięcia urządzeń ochronnych, muszą działać dodatkowe środki zapobiegawcze (np. blokada ponownego uruchomienia, wtórne urządzenie ochronne).

Przykłady prawidłowego montażu



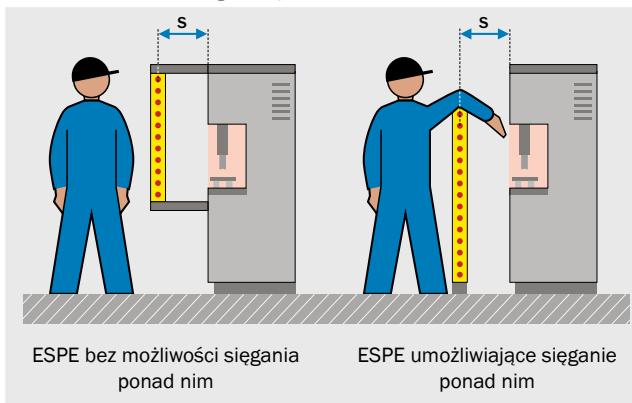
Przykłady niebezpiecznych błędów montażowych



Po obliczeniu minimalnej odległości pomiędzy polem ochronnym a najbliższym położonym miejscem zagrożenia, kolejnym krokiem jest określenie koniecznej wysokości pola ochronnego. Powinno to uniemożliwić sięgnięcie do miejsca zagrożenia od góry.

Urządzenia ochronne umożliwiające sięganie ponad nimi

Zależnie od wysokości i położenia pola ochronnego elektroczułego wyposażenia ochronnego, kształtu maszyny i innych czynników, możliwe jest sięganie ponad tym polem w taki sposób, że możliwy jest dostęp do miejsc zagrożenia przed zakończeniem niebezpiecznego procesu w maszynie, a zamierzona funkcja bezpieczeństwa nie zadziała. Na rysunku przedstawiono przykłady elektroczułego wyposażenia ochronnego, które umożliwia lub nie umożliwia sięgania ponad nim.



Jeśli nie jest możliwe wykluczenie możliwości uzyskania dostępu do obszaru zagrożenia poprzez sięganie (wychylanie się) ponad pionowym polem ochronnym, należy określić wysokość pola ochronnego i odstęp minimalny ESPE. W tym celu należy porównać wartości obliczone na podstawie możliwej detekcji kończyn lub innych części ciała z wartościami, które wynikają z możliwości sięgania (wychylania się) ponad wyposażeniem ochronnym. Przyjmuje się większą wartość, która wynika z tego porównania. Porównanie należy przeprowadzić zgodnie z normą ISO 13855, rozdział 6.5.

Uwzględnianie możliwości sięgania ponad wyposażeniem ochronnym

Jeśli możliwe jest sięganie ponad pionowym polem ochronnym elektroczułego wyposażenia ochronnego, trzeba zwiększyć wysokość górnej krawędzi pola ochronnego **b** albo dostosować naddatek **C**. W przypadku obu metod należy stosować się do wartości podanych w odpowiedniej tabeli, zgodnie z normą ISO 13855.

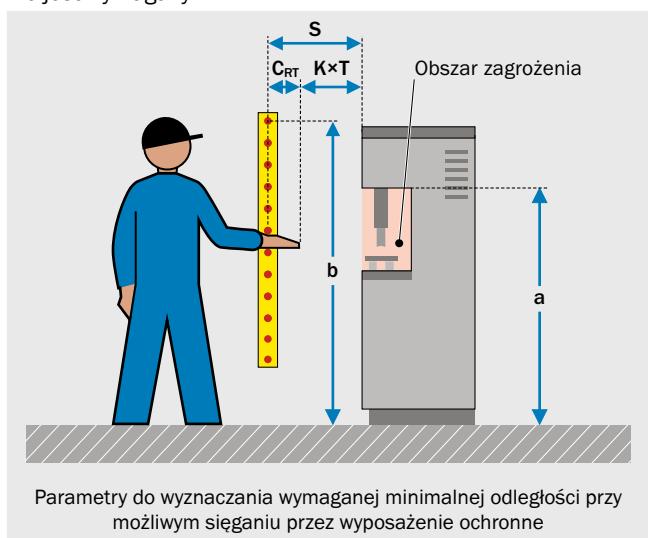
Konsekwencje

W niektórych zastosowaniach, gdzie stosowane jest elektroczułe wyposażenie ochronne o wartości $d > 40$ mm (systemy wielowiązkowe), może się zwiększyć minimalną odległość, albo trzeba stosować ESPE o wartości $d \leq 40$ mm (kurtyny świetlne). Dotyczy to zastosowania normy ISO 13855.

Niektóre normy C różnią się od normy ISO 13855 pod względem obliczeń minimalnej odległości.

Zwiększenie wysokości górnej krawędzi pola ochronnego

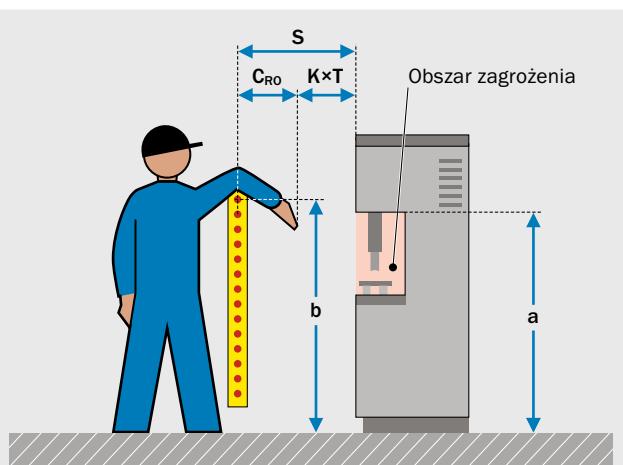
Przy zwiększaniu wysokości górnej krawędzi pola ochronnego **b**, oprócz wysokości obszaru zagrożenia **a** należy uwzględnić zależny od rozdzielczości dodatek C_{RT} , aby wyznaczyć niezbędną wysokość górnej krawędzi pola ochronnego przy zachowaniu tego samego odstępu minimalnego. Przy wyznaczonej wysokości górnej krawędzi pola ochronnego nie jest możliwe sięganie do obszaru zagrożenia ponad polem ochronnym; dodatek C_{RO} nie jest wymagany.



Zwiększenie minimalnej odległości (przy zadanej wysokości górnej krawędzi pola ochronnego)

Jeśli wysokość górnej krawędzi pola ochronnego **b** jest z góry określona przez wykorzystywany już produkt, trzeba zwiększyć minimalną odległość. Oprócz określenia wysokości obszaru zagrożenia **a** trzeba przy tym uwzględnić wysokość górnej krawędzi pola ochronnego **b**.

Wynik odczytany w tabeli w miejscu przecięcia tych wartości określa odległość naruszenia C_{RO} . Jeśli C_{RO} jest $\geq C_{RT}$, wartość C_{RO} zastępuje wartość C_{RT} przy obliczaniu minimalnej odległości. Jeśli C_{RO} jest $< C_{RT}$, przy obliczaniu minimalnej odległości nadal stosowana jest wartość C_{RT} .



Parametry do wyznaczania wymaganej minimalnej odległości przy możliwym sięganiu ponad wyposażeniem ochronnym

Obowiązuje zasada:

$$C \geq C_{RO} \text{ (sięganie ponad)} \quad \text{oraz} \quad C \geq C_{RT} \text{ (sięganie przez)}$$

Na kolejnych stronach można znaleźć potrzebną tabelę opracowaną na podstawie normy ISO 13855, a także przykłady jej wykorzystania.

W ten sposób można ustalić niezbędną wysokość górnej krawędzi pola ochronnego:

1. Ustalić wysokość miejsca zagrożenia **a** i wyszukać taką samą lub najbardziej zbliżoną wartość w lewej kolumnie.
2. Obliczyć dodatek zależny od rozdzielczości C_{RT} zgodnie ze znymi wzorami dla zbliżania pod kątem prostym:
W wierszu określonym przez wartość **a** znaleźć ostatnią

kolumnę, w której dodatkowa odległość pozioma **C** jest równy lub mniejszy od obliczonego, zależnego od rozdzielczości naddatku C_{RT} .

3. W ostatnim wierszu, w kolumnie ustalonej w kroku 2 odczytać wynik odpowiadający wysokości górnej krawędzi pola ochronnego **b**.

- ESPE, rozdzielczość $d \leq 40$ mm: $C_{RT} = 8 \times (d - 14)$
- ESPE, rozdzielczość $d > 40$ mm: $C_{RT} = 850$ mm

Wysokość a obszaru zagrożenia (mm)	Dodatkowa odległość pozioma C od obszaru zagrożenia (mm)											
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2500	400	400	350	300	300	300	300	300	250	150	100	0
2400	550	550	550	500	450	450	400	400	300	250	100	0
2200	800	750	750	700	650	650	600	550	400	250	0	0
2000	950	950	850	850	800	750	700	550	400	0	0	0
1800	1100	1100	950	950	850	800	750	550	0	0	0	0
1600	1150	1150	1100	1000	900	850	750	450	0	0	0	0
1400 ①	1200	1200	1100	1000	900	850 ②	650	0	0	0	0	0
1200	1200	1200	1100	1000	850	800	0	0	0	0	0	0
1000	1200	1150	1050	950	750	700	0	0	0	0	0	0
800	1150	1050	950	800	500	450	0	0	0	0	0	0
600	1050	950	750	550	0	0	0	0	0	0	0	0
400	900	700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
200	600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wysokość b górnej krawędzi pola ochronnego (mm)												
900	1000	1100	1200	1300	1400 ③	1600	1800	2000	2200	2400	2600	

Przykład

- Rozdzielczość ESPE: > 40 mm
- Wysokość **a** obszaru zagrożenia: 1400 mm ①
- Dodatek zależny od rozdzielczości **C**: 850 mm ②

Wysokość górnej krawędzi pola ochronnego **b** dla ESPE nie może być mniejsza od 1400 mm ③, jeśli nie należy zwiększyć odległość poziomą od obszaru zagrożenia.

Jeśli wymagana wysokość górnej krawędzi pola ochronnego nie jest możliwa do zrealizowania, należy ustalić dodatek CRO w następujący sposób:

1. Ustalić możliwą (zaplanowaną lub wynikającą z posiadanego ESPE) wysokość górnej krawędzi pola ochronnego **b** i odszukać równą lub mniejszą, najbardziej zbliżoną wartość w ostatnim wierszu.
2. Ustalić wysokość miejsca zagrożenia **a** i wyszukać tę wartość

w lewej kolumnie. W przypadku wartości pośrednich należy wybrać sąsiedni wiersz (górny lub dolny), który w kroku 3 daje większą odległość.

3. Odczytać wymaganą odległość poziomą **C** w punkcie przecięcia obu wartości.

Wysokość a obszaru zagrożenia (mm)	Dodatkowa odległość pozioma C od obszaru zagrożenia (mm)											
2600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2500	400	400	350	300	300	300	300	300	250	150	100	0
2400	550	550	550	500	450	450	400	400	300	250	100	0
2200	800	750	750	700	650	650	600	550	400	250	0	0
2000	950	950	850	850	800	750	700	550	400	0	0	0
1800	1100	1100	950	950	850	800	750	550	0	0	0	0
1600	1150	1150	1100	1000	900	850	750	450	0	0	0	0
1400 ②	1200	1200	1100 ③	1000	900	850	650	0	0	0	0	0
1200	1200	1200	1100	1000	850	800	0	0	0	0	0	0
1000	1200	1150	1050	950	750	700	0	0	0	0	0	0
800	1150	1050	950	800	500	450	0	0	0	0	0	0
600	1050	950	750	550	0	0	0	0	0	0	0	0
400	900	700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
200	600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wysokość b górnej krawędzi pola ochronnego (mm)												
900	1000	1100 ①	1200	1300	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	

Przykład
• Trójwiązkowe, standardowe ESPE (300/700/1100 mm)
• Wysokość b górnej krawędzi pola ochronnego: 1100 mm ①
• Wysokość a obszaru zagrożenia: 1400 mm ②
• Dodatek uwarunkowany przez możliwość sięgania ponad wyposażeniem ochronnym C_{RO} : 1100 mm ③ (zamiast wcześniejszej przyjętych 850 mm)

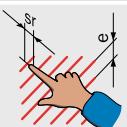
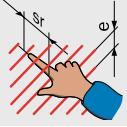
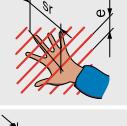
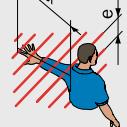
Norma ISO 13855 oferuje następującą tabelę, która pozwala uwzględnić możliwość sięgania ponad wyposażeniem ochronnym. Z pomocą tej tabeli oblicza się zwiększoną wysokość górnej krawędzi pola ochronnego lub większy odstęp minimalny.

Wysokość a obszaru zagrożenia (mm)	Dodatkowa odległość pozioma C od obszaru zagrożenia (mm)											
2600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2500	400	400	350	300	300	300	300	300	250	150	100	0
2400	550	550	550	500	450	450	400	400	300	250	100	0
2200	800	750	750	700	650	650	600	550	400	250	0	0
2000	950	950	850	850	800	750	700	550	400	0	0	0
1800	1100	1100	950	950	850	800	750	550	0	0	0	0
1600	1150	1150	1100	1000	900	850	750	450	0	0	0	0
1400	1200	1200	1100	1000	900	850	650	0	0	0	0	0
1200	1200	1200	1100	1000	850	800	0	0	0	0	0	0
1000	1200	1150	1050	950	750	700	0	0	0	0	0	0
800	1150	1050	950	800	500	450	0	0	0	0	0	0
600	1050	950	750	550	0	0	0	0	0	0	0	0
400	900	700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
200	600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wysokość b górnej krawędzi pola ochronnego (mm)												
900	1000	1100	1200	1300	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	

Odległość bezpieczeństwa w przypadku osłon

Osłony muszą mieć wystarczający odstęp od obszaru zagrożenia, jeśli występują w nich otwory. Dotyczy to również otworów pomiędzy urządzeniem ochronnym a podstawą maszyny, płyt do mocowania przedmiotów obrabianych itd.

Odległość bezpieczeństwa zależna od otworów w osłonach według normy ISO 13857

Część ciała	Otwór e (mm)	Odległość bezpieczna (mm)		
		Szczelina	Kwadrat	Okrąg
Końcówki palców		$e \leq 4$	≥ 2	≥ 2
		$4 < e \leq 6$	≥ 10	≥ 5
Palce do nadgarstka		$6 < e \leq 8$	≥ 20	≥ 15
		$8 < e \leq 10$	≥ 80	≥ 25
		$10 < e \leq 12$	≥ 100	≥ 80
		$12 < e \leq 20$	≥ 120	≥ 120
		$20 < e \leq 30$	≥ 850	≥ 120
Ramię do barku		$30 < e \leq 40$	≥ 850	≥ 200
		$40 < e \leq 120$	≥ 850	≥ 850

Odległość bezpieczeństwa dla osłon blokujących

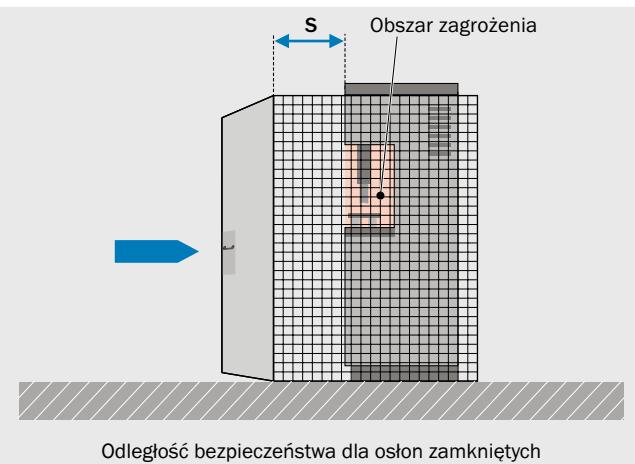
Gdzie ...

- **S** to minimalna odległość w milimetrach, zmierzony od najbliższego miejsca zagrożenia do najbliższego punktu otwarcia drzwi.
- **K** jest parametrem wyrażonym w milimetrach na sekundę, wynikającym z danych o prędkościach zbliżania się ciała lub jego części, z reguły 1600 mm/s.
- **T** jest czasem dobiegu całego systemu w sekundach.
- **C** jest odległością bezpieczeństwa odczytaną z odpowiedniej tabeli w normie ISO 13857: (Odległość bezpieczeństwa zależy od otworów w osłonach). Jest ona wymagana, jeśli istnieje możliwość przełożenia przez otwór palców lub dloni w kierunku obszaru zagrożenia, zanim zostanie wysłany sygnał do zatrzymania.

Dla osłon blokujących, które wywołują zatrzymanie, musi być również zachowana odległość bezpieczeństwa, analogicznie do procedury w przypadku ESPE. Alternatywnie możliwe jest również korzystanie z blokad zaryglowanych do czasu, aż nie będzie występować zagrożenie.

Ogólny wzór obliczeniowy

$$\mathbf{S = (K \times T) + C}$$



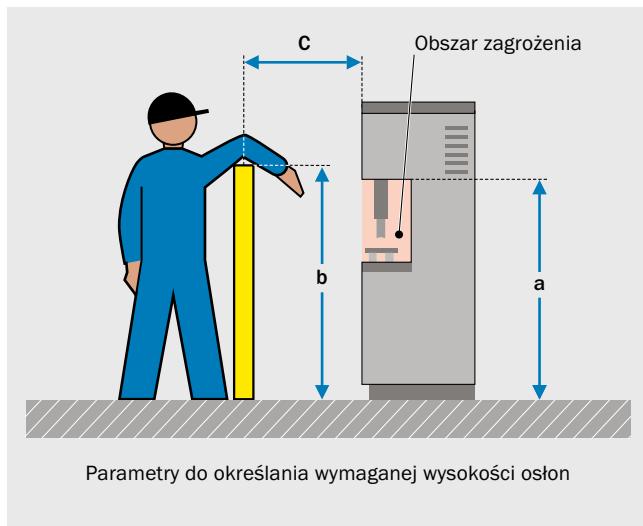
→ Obliczanie minimalnej odległości dla osłon blokujących: ISO 13855 (norma B)

**3
C**

Niezbędna wysokość w przypadku osłon

W przypadku osłon należy skorzystać z tej samej metody, która jest stosowana dla elektroczulego wyposażenia ochronnego. Zależnie od potencjału zagrożenia należy korzystać z różnych tabel obliczeniowych.

Aby zapobiec przeczołgiwaniu się pod osłonami, zazwyczaj wystarcza, gdy zaczynają się one na wysokości 200 mm od płaszczyzny odniesienia.

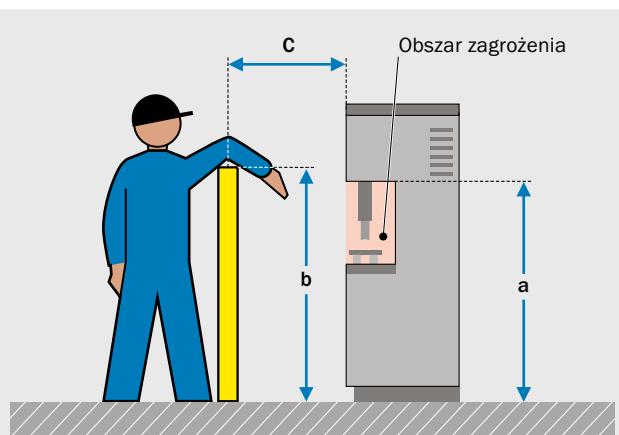


Wymagana wysokość osłon przy niewielkim potencjale zagrożenia zgodnie z normą ISO 13857

**3
C**

Wysokość a obszaru zagrożenia (mm)	Odstęp poziomy C od obszaru zagrożenia (mm)								
	0	100	200	300	400	500	600	700	800
2500	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2400	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2200	600	600	500	500	400	350	250	0	0
2000	1100	900	700	600	500	350	0	0	0
1800	1100	1000	900	900	600	0	0	0	0
1600	1300	1000	900	900	500	0	0	0	0
1400	1300	1000	900	800	100	0	0	0	0
1200	1400	1000	900	500	0	0	0	0	0
1000	1400	1000	900	300	0	0	0	0	0
800	1300	900	600	0	0	0	0	0	0
600	1200	500	0	0	0	0	0	0	0
400	1200	300	0	0	0	0	0	0	0
200	1100	200	0	0	0	0	0	0	0
0	1100	200	0	0	0	0	0	0	0
Wysokość b osłony (mm)									
	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2500

**Wymagana wysokość osłon przy dużym potencjale zagrożenia
zgodnie z normą ISO 13857**



Wysokość a obszaru zagrożenia (mm)	Odstęp poziomy C od obszaru zagrożenia (mm)									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2600	900	800	700	600	600	500	400	300	100	0
2400	1100	1000	900	800	700	600	400	300	100	0
2200	1300	1200	1000	900	800	600	400	300	0	0
2000	1400	1300	1100	900	800	600	400	0	0	0
1800	1500	1400	1100	900	800	600	0	0	0	0
1600	1500	1400	1100	900	800	500	0	0	0	0
1400	1500	1400	1100	900	800	0	0	0	0	0
1200	1500	1400	1100	900	700	0	0	0	0	0
1000 ①	1500	1400	1000	800	0 ②	0	0	0	0	0
800	1500	1300	900	600	0	0	0	0	0	0
600	1400	1300	800	0	0	0	0	0	0	0
400	1400	1200	400	0	0	0	0	0	0	0
200	1200	900	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1100	500	0	0	0	0	0	0	0	0
	Wysokość b osłony (mm)									
	1000	1200	1400	1600	1800 ③	2000	2200	2400	2500	2700

Niezbędna wysokość górnej krawędzi urządzenia ochronnego dla tej odległości bezpieczeństwa należy ustalić w następujący sposób:

- Ustalić wysokość miejsca zagrożenia **a** i wyszukać tę wartość w lewej kolumnie, np. 1000 mm.
- Znaleźć w tym wierszu pierwszą kolumnę, w której odstęp poziomy **C** jest mniejszy od obliczonej odległości bezpieczeństwa, np. pierwsze pole z wartością „0”.
- W ostatnim wierszu tabeli odczytać wynik, określający wysokość **b** osłony, np. 1800 mm

Przykład dla dużego zagrożenia

Osłona musi się zatem zaczynać na wysokości 200 mm ponad płaszczyzną odniesienia i kończyć się na wysokości 1800 mm. Jeśli wysokość osłony ma wynosić około 1600 mm, wówczas odległość bezpieczeństwa należy zmniejszyć co najmniej do 800 mm.

→ Odległości bezpieczeństwa i wymagana wysokość pola ochronnego: ISO 13857

Odstęp minimalny w przypadku stacjonarnych urządzeń ochronnych

Gdzie ...

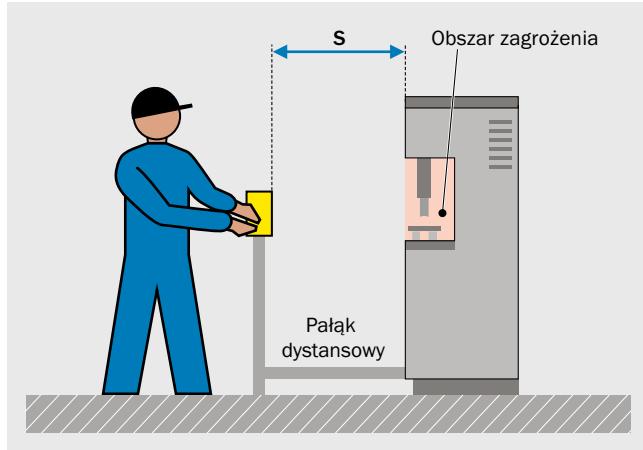
- **S** jest minimalną odległością, mierząc od elementu obsługowego do najbliższego miejsca zagrożenia.
- **K** jest parametrem wyrażonym w milimetrach na sekundę, wynikającym z danych o prędkościach zbliżania się ciała lub jego części, z reguły 1600 mm/s.
- **T** jest czasem dobiegu całego systemu, od momentu puszczania elementu obsługowego, wyrażonym w sekundach.
- **C** to naddatek: 250 mm. W niektórych warunkach może nie być konieczny (np. przykrycie urządzenia sterującego).

Jeśli urządzenie sterowania oburęcznego jest zamontowane na stojakach zmieniających lokalizację, wówczas musi być zapewnione zachowanie niezbędnego odstępu minimalnego przez pałki dystansowe lub ograniczoną długość kabla (aby zapobiec niedopuszczalnemu zabieraniu ze sobą).

3
C

Przykładowa minimalna odległość dla urządzenia sterowania oburęcznego

$$S = (K \times T) + C$$



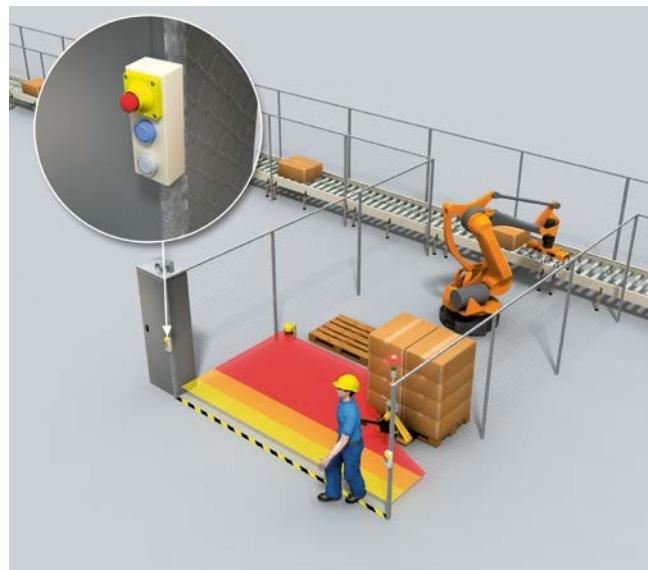
→ Obliczanie minimalnej odległości: ISO 13855 (norma B)

Stosowanie funkcji resetowania i ponownego uruchamiania

Jeśli jedno z urządzeń ochronnych wyda polecenie zatrzymania, wówczas stan zatrzymany musi być zachowany, aż zostanie użyte urządzenie do manualnego zresetowania (przycisk reset) i w kolejnym kroku maszyna będzie mogła zostać ponownie uruchomiona (zrestartowana). Wyjątek od tej reguły stanowi stosowanie technicznych środków ochronnych, które umożliwiają nieprzerwane rozpoznawanie narażonych osób w obszarze zagrożenia (np. ochrona przed obejściem zabezpieczeń).

Manualna funkcja resetowania musi być realizowana za pomocą osobnego, ręcznie obsługiwanej urządzenia. Urządzenie to musi być skonstruowane w taki sposób, aby było w stanie sprostać przewidywalnym obciążeniom eksploatacyjnym, a przewidziana dlań funkcja musi być możliwa do uaktywnienia tylko wskutek zamierzonego użycia (Δ z tego powodu nieodpowiednie są np. panele dotykowe). Zgodnie z normą ISO 13849-1 (punkt 5.2.2) zresetowanie może następować jedynie po puszczeniu elementu napędowego w uruchomionej (włączonej) pozycji. Dlatego dla przetwarzania sygnału obowiązuje wymóg rozpoznawania opadającego zbocza sygnału urządzenia sterującego. Oznacza to, że potwierdzenie może następować jedynie wskutek puszczenia elementu napędowego w jego (uruchomionej) pozycji włączonej. Może ono zostać wykonane dopiero wtedy, gdy wszystkie funkcje bezpieczeństwa i urządzenia ochronne są sprawne.

Element uruchamiający funkcję resetowania musi być umieszczony w bezpiecznej lokalizacji poza obszarem zagrożenia. Z tej lokalizacji musi być widoczny cały obszar zagrożenia. Dzięki temu można sprawdzić, czy w obszarze zagrożenia nie pozostała ludzie.



Umiejscowienie przycisku reset umożliwia pełen wgląd w obszar zagrożenia przed zresetowaniem urządzenia ochronnego.

Sygnal urządzenie resetującego jest częścią składową funkcji bezpieczeństwa, dlatego musi

- być albo indywidualnie okablowany do modułu logicznego systemu zabezpieczeń,
- albo musi być przesyłany przez dedykowaną magistralę systemów bezpieczeństwa.

Zresetowanie nie może powodować żadnych ruchów ani groźnych sytuacji. Zamiast tego układ sterowania maszyny może po zresetowaniu przyjąć osobne polecenie uruchomienia.

Zabezpieczenie miejsca zagrożenia bez resetu



W tym układzie nie jest możliwe pozostawianie w obszarze zagrożenia bez zadziałania urządzenia ochronnego. Dlatego osobne resetowanie urządzenia ochronnego nie jest potrzebne.

Integrowanie urządzeń ochronnych w układzie sterowania

Oprócz aspektów mechanicznych ważne jest też zintegrowanie urządzenia ochronnego pod względem techniki sterowania.

„Układy sterowania są funkcjonalnymi podzespołami systemu informatycznego maszyny, realizującymi funkcje logiczne. Koordynują przepływ materiału i energii w obszarze działania narzędzia i systemu detali poddawanych obróbce w sensie zadania roboczego. [...] Układy sterowania dzieli się na podstawie zastosowanej technologii, tzn. na podstawie stosowanych nośników informacji, na cieczowe czyli pneumatyczne i hydrauliczne oraz elektryczne i elektroniczne układy sterowania”.

Źródło: Alfred Neudörfer: Konstruieren sicherheitsgerechter Produkte (Konstruowanie bezpiecznych produktów), Springer-Verlag, Berlin et al., ISBN 978-3-642-33889-2 (5. wydanie 2013)

Pod ogólnym terminem **sterowanie** kryje się cały łańcuch systemu sterowania. Układ sterowania składa się z elementu wejściowego, modułu logicznego, elementu sterowania mocą oraz elementu napędowego lub roboczego.

Związane z bezpieczeństwem części układu sterowania powinny wykonywać funkcje bezpieczeństwa. W związku z tym istnieją specjalne wymagania dotyczące ich niezawodności i odporności na uszkodzenia. Wyróżniają się one zasadami opanowania i unikania błędów.

3
C

Sterowanie		Aspekty techniki bezpieczeństwa	
Zasada działania sterowania	Typowe elementy	Wpływ zakłóceń	Objaśnienia
Cieczowe	Pneumatyczne 	<ul style="list-style-type: none"> Zawory wielodrogowe Zawory odpowietrzające Ręczne zawory odcinające Filtrz odwadniaczem Przewody elastyczne 	<ul style="list-style-type: none"> Zmiany energii Czystość i zawartość wody w sprężonym powietrzu
	Hydrauliczne 	<ul style="list-style-type: none"> Akumulatory ciśnienia Reduktory ciśnienia Zawory wielodrogowe Filtrz Poziomowskazy Wskaźniki temperatury Węże i przewody Połączenie gwintowe 	<ul style="list-style-type: none"> Czystość Lepkość Temperatura cieczy hydraulicznej
Elektryczne	Elektromechaniczne 	<ul style="list-style-type: none"> Urządzenia sterujące: <ul style="list-style-type: none"> Wyłączniki pozycyjne Przełączniki Przyciski Aparatura łączeniowa: <ul style="list-style-type: none"> Styczni sterujące Przekaźniki Styczni mocy 	<ul style="list-style-type: none"> Klasa ochrony urządzeń Wybór elementów i urządzeń, dobór parametrów i umiejscowienie Wykonanie i ułożenie okablowania
	Elektroniczne 	<ul style="list-style-type: none"> Pojedyncze elementy, np.: <ul style="list-style-type: none"> Tranzystory Oporniki Kondensatory Cewki Elementy wysoce zintegrowane, np. obwody scalone (IC) 	<p>Jak w punkcie „Elektromechaniczne”. Dodatkowo:</p> <ul style="list-style-type: none"> Wahania temperatury Zakłócenia elektromagnetyczne wskutek sprzężenia za pośrednictwem przewodów lub pól
	Sterowanie mikroprocesorowe 	<ul style="list-style-type: none"> Mikroprocesory Oprogramowanie 	<ul style="list-style-type: none"> Błędy w instalacji sprzętu Błędy systematyczne, obejmujące także błędy o wspólnej przyczynie (Common Mode) Błędy programowania Błędy zastosowania Błędy obsługi Manipulacje Wirusy

Źródło: Alfred Neudörfer: Konstruieren sicherheitsgerechter Produkte (Konstruowanie bezpiecznych produktów), Springer-Verlag, Berlin et al., ISBN 978-3-642-33889-2 (5. wydanie 2013)

Związane z bezpieczeństwem elementy wejściowe opisane zostały wcześniej przy sensorach bezpieczeństwa (urządzenia ochronne). W związku z tym w dalszej części znajdują się informacje dotyczące tylko modułu logicznego i elementów wykonawczych.

Aspekty bezpieczeństwa technicznego elementów wykonawczych omówiono w odniesieniu do elementów sterowania mocą. Defekty i uszkodzenia elementów napędowych lub roboczych są zazwyczaj wykluczone. (Silnik bez dopływu energii przełącza się w stan bezpieczny).

Cieczowe układy sterowania wykonywane są często jako elektropneumatyczne lub elektrohydrauliczne układy sterowania. Oznacza to, że sygnały elektryczne przekształcane są przez zawory na energię cieczą/gazu w celu poruszania siłowników lub innych elementów wykonawczych.

→ Przykłady obwodów do zintegrowania urządzeń ochronnych znajdują się pod adresem www.sick.com.

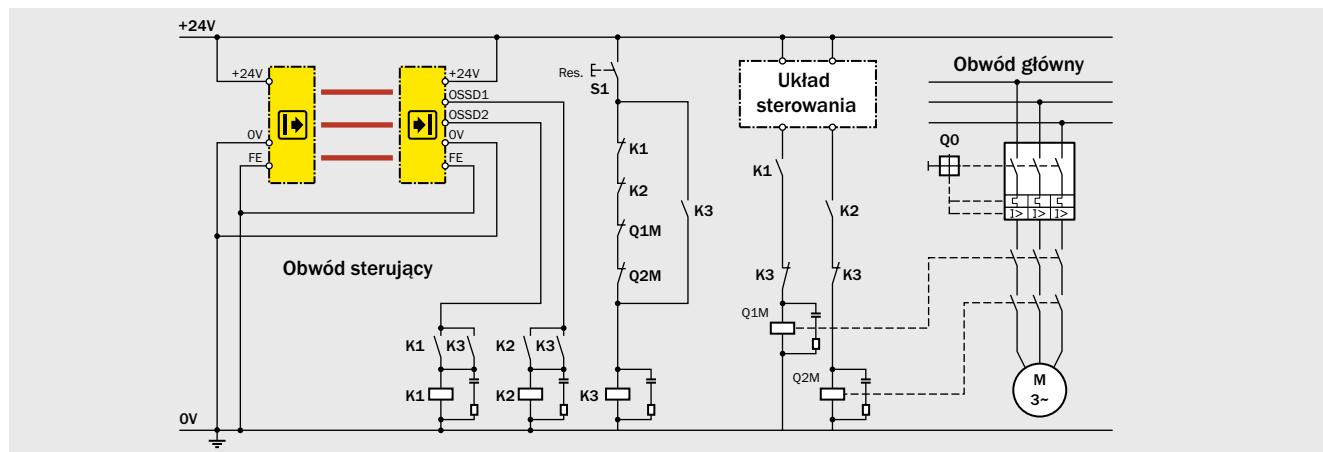
Moduły logiczne

W module logicznym następuje łączenie ze sobą różnych sygnałów wejściowych funkcji bezpieczeństwa i przekształcanie ich na sygnały wyjściowe. W tym celu można wykorzystać części elektromechaniczne, elektroniczne lub programowalne elementy elektroniczne.

Uwaga! W zależności od niezbędnego poziomu niezagrodnosci, sygnały urządzeń ochronnych nie mogą być przetwarzane wyłącznie przez standardowe sterowniki. Muszą istnieć dodatkowe równoległe sposoby wyłączenia.

**3
C**

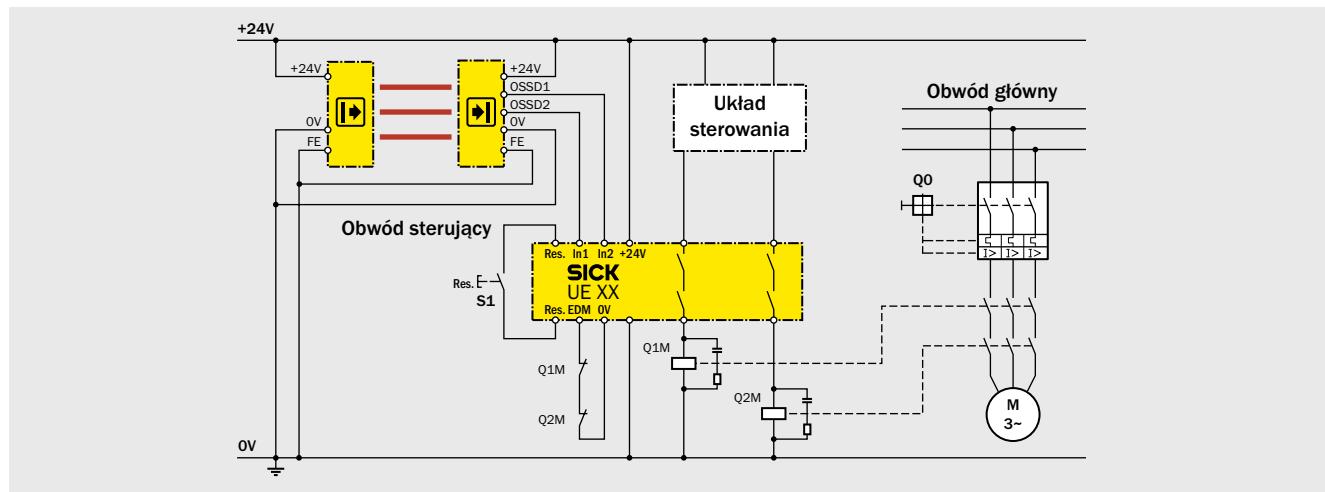
Moduł logiczny zbudowany na bazie styczników



Z pojedynczych styczników pomocniczych ze stykami z prowadzeniem wymuszoną można zbudować układy sterowania o praktycznie dowolnym stopniu złożoności. Tę zasadę bezpieczeństwa charakteryzuje redundancja i nadzorowanie styków z prowadzeniem wymuszonym. Połączenia logiczne są realizowane za pomocą okablowania.

Sposób działania: w położeniu spoczynkowym styczników K1 i K2 następuje – poprzez uruchomienie S1 – włączenie stycznika K3, który przytrzymuje się samodzielnie. Jeśli w aktywnym polu ochronnym nie zostanie wykryty żaden przedmiot, to wyjścia OSSD1 i OSSD2 podają napięcie. Poprzez zestyki zwierne K3 następuje włączenie styczników K1 i K2, które przytrzymują się samodzielnie. Wyłączenie K3 następuje przy zwolnieniu przycisku S1. Dopiero wtedy następuje zamknięcie obwodów wyjść. W przypadku wykrycia przedmiotu w aktywnym polu ochronnym następuje wyłączenie styczników K1 i K2 przez wyjścia OSSD1 i OSSD2.

**Moduł logiczny jako zabezpieczające urządzenie sterujące
(kombinacja przekaźników bezpieczeństwa)**



Zabezpieczające urządzenia sterujące w jednej obudowie realizują jedną lub kilka funkcji bezpieczeństwa. Z reguły obejmują funkcje samokontroli. Wyłączanie może być zrealizowane w połączeniu ze stykami lub przy wykorzystaniu półprzewodników. Mogą też być używane styki komunikacyjne.

Umożliwia to uproszczenie bardziej złożonych aplikacji w dziedzinie bezpieczeństwa. Zabezpieczające urządzenie sterujące, które posiada certyfikat, obniża dodatkowo nakłady na walidację funkcji bezpieczeństwa. Zamiast przekaźników można zastosować w urządzeniach sterujących elementy półprzewodnikowe, przejmujące zadania elektromechanicznych elementów przełączających. Dzięki metodom rozpoznawania błędów, takim jak analizowanie sygnałów dynamicznych lub metodom opanowywania błędów, takim jak wielokanałowe przetwarzanie sygnałów, możliwe jest uzyskanie wymaganej niezawodności rozwiązań czysto elektronicznych.

Moduł logiczny z elementami programowymi

Podobnie jak automatyka, tak i technika bezpieczeństwa znacznie się rozwinęła, począwszy od połączonych przewodowo styczników pomocniczych, poprzez zabezpieczające urządzenia sterujące, częściowo przy wykorzystaniu możliwych do sparametryzowania i skonfigurowania logicznych układów bezpieczeństwa, aż do złożonych, odpornych na błędy sterowników PLC. Koncepcję „sprawdzonych elementów” i „sprawdzonych zasad bezpieczeństwa” należy przenosić na układy elektryczne i programowalne układy elektroniczne.

Połączenia logiczne dla funkcji bezpieczeństwa realizuje się w takim przypadku za pomocą oprogramowania. Należy rozróżnić oprogramowanie typu firmware – tworzone i certyfikowane przez producenta układu sterowania – oraz właściwą aplikację bezpieczeństwa. Tworzy ją producent maszyny w zakresie języka udostępnionego przez firmware.

Parametryzacja

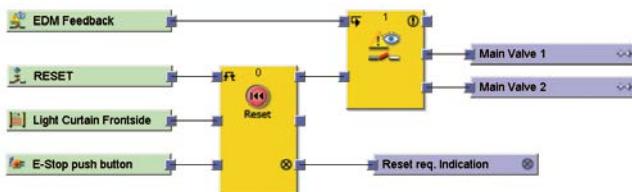
Wybór cech z istniejącego zbioru funkcji za pomocą przełączników/parametrów programowych w czasie uruchomienia.

Cechy: niewielka „głębina” układu logicznego, układy logiczne I/LUB

Konfiguracja

Elastyczne połączenie danych bloków funkcyjnych w certyfikowany układ logiczny z interfejsem programowania, ustawianie parametrów, np. czasów, i konfiguracja wejść/wyjść układu sterowania.

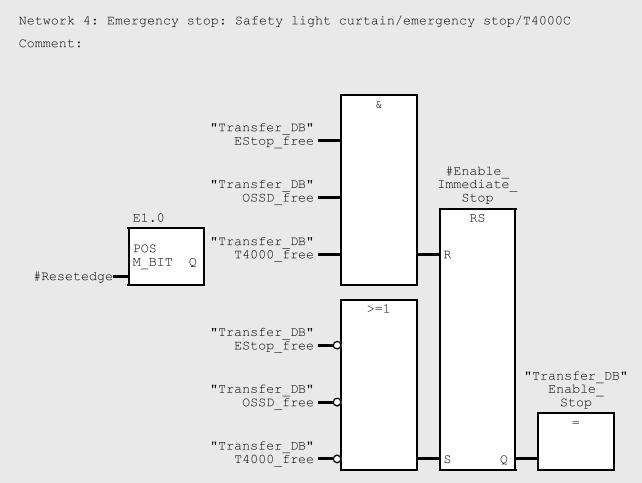
Cechy: dowolna „głębina” układu logicznego, binarny układ logiczny



Programowanie

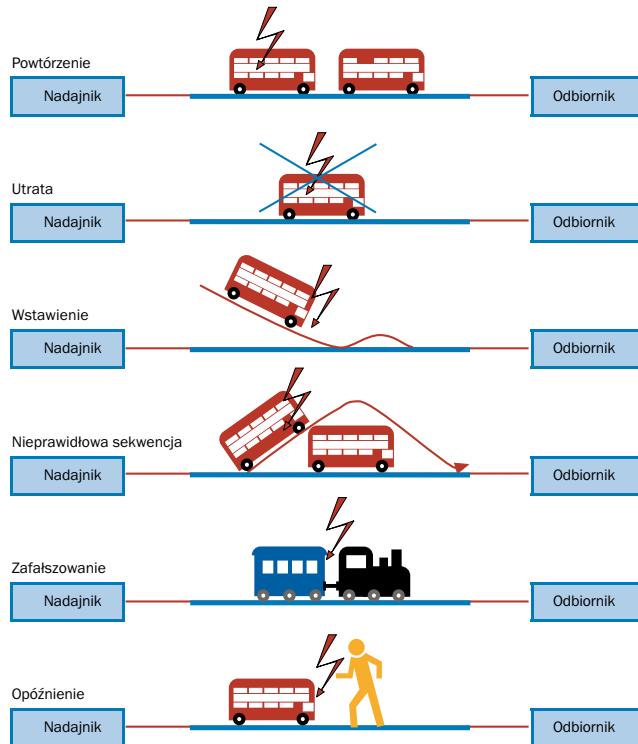
Dowolne zaprojektowanie układu logicznego z zakresem funkcji zależnym od danego języka programowania, zazwyczaj przy wykorzystaniu certyfikowanych bloków funkcyjnych.

Cechy: dowolna „głębina” układu logicznego, przetwarzanie słów



Niezawodna transmisja danych

Systemy magistralowe są stosowane z jednej strony do przesyłania sygnałów między układem sterowania a czujnikami lub elementami wykonawczymi maszyny. Z drugiej strony systemy magistralowe odpowiadają za przekazywanie stanów pomiędzy poszczególnymi częściami układów sterowania. System magistralowy ułatwia okablowanie i zmniejsza liczbę możliwych błędów. Wskazane jest wykorzystanie sprawdzonych systemów magistralowych do zastosowań związanych z bezpieczeństwem technicznym.



Źródło: Sicherheitsgerechtes Konstruieren von Druck- und Papierverarbeitungsmaschinen – Elektrische Ausrüstung und Steuerungen; BG Druck- und Papierverarbeitung; wydanie 06/2004; strona 79

W stosunku do ww. błędów transmisji można podjąć szereg środków w nadzorowanym układzie sterowania, np. nadawanie związanym z bezpieczeństwem telegramom przychodzących kolejnych numerów porządkowych lub czas oczekiwania dla nadchodzących telegramów z potwierdzeniem. Tego typu środki są zawarte w rozszerzeniach protokołów na bazie zastosowanej magistrali polowej.

Dokładne badania różnych błędów sprzętu i oprogramowania pokazują, że błędy tego typu zawsze ujawniają się w niewielkiej liczbie analogicznych błędów transmisji w systemach magistralowych.

**3
C**

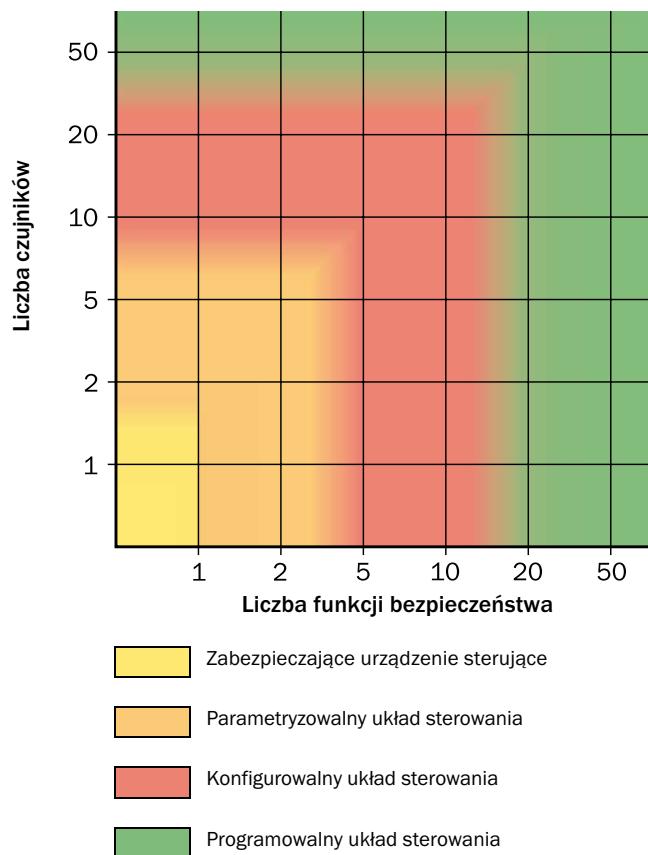
Działają wg modelu warstwowego ISO/OSI powyżej warstwy transportowej i tym samym wykorzystują niezmienioną magistralę połową ze wszystkimi jej elementami składowymi jako „czarny kanał”. Sprawdzonymi, bezpiecznymi systemami magistralowymi są np.:

- AS-i Safety at Work
- DeviceNet Safety
- PROFIsafe

Kryteria wyboru

Kryteriami decydującymi o wyborze rodziny układów sterowania są przede wszystkim liczba realizowanych funkcji bezpieczeństwa oraz zakres połączeń logicznych pomiędzy sygnałami wejściowymi.

Na wybór wpływają dodatkowo funkcje logiki powiązań – np. zwykłe I („AND”), przerzutnik (flip-flop) lub funkcje specjalne, takie jak muting.



Matryca projektowania

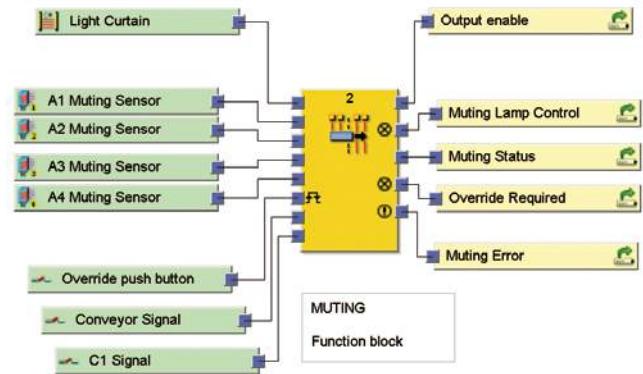
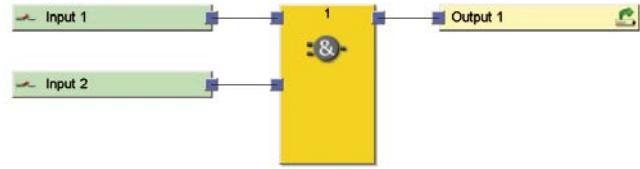
0 = logiczne 0 lub WŁ.

S = udostępnienie elementu wykonawczego (ponowne uruchomienie)

I = logiczne 1 lub WŁ.

- = stan obojętny

Wejścia związane z bezpieczeństwem	Przypadek	Wyjścia związane z bezpieczeństwem					
		Skutek	Robot	Stoi z lewej strony	Stoi z prawej strony	..	:
Pozycja utraciona	0	-	-	-	-		
Robot z lewej strony	S	-	-	-	-		
Robot z prawej strony	S	-	-	-	-		
Robot na środku	S	-	-	-	-		
Dostęp z lewej strony	S	I	-	-	-		
Dostęp z prawej strony	-	-	I	-	-		
Zatrzymanie awaryjne	0	0	0	-	-		
...							



Specyfikacja oprogramowania

W celu uniknięcia wystąpienia niebezpiecznego stanu należy zaprojektować przede wszystkim programowe moduły logiczne w sposób umożliwiający niezawodne uniknięcie błędów w układzie logicznym. W celu stwierdzenia błędów systematycznych należy zlecić innej osobie niż projektant systematyczną kontrolę, co pozwoli na zastosowanie zasady „czterech oczu”.

Prostą możliwością realizacji takiej specyfikacji jest tak zwana **matryca projektowa**. Są w niej zebrane określone kombinacje istotnych dla bezpieczeństwa sygnałów wejściowych dla wyróżnionych przypadków (np. „Pozycja utracona” albo „Robot w lewo”). Przypadki te mają mieć przełożenie na funkcje maszyny za pośrednictwem istotnych dla bezpieczeństwa wyjść, zgodnie z funkcją bezpieczeństwa. Ta prosta metoda projektowania oprogramowania aplikacyjnego jest też stosowana przez firmę SICK.

Wskazane jest jej omówienie ze wszystkimi osobami uczestniczącymi w projekcie.

W przypadku źle udokumentowanych programów, nieposiadających odpowiedniej struktury, pojawiają się błędy podczas późniejszych modyfikacji, a przede wszystkim pojawia się niebezpieczeństwo nierozpoczanych zależności, tzw. efektów uboczych. W związku z tym szczególnie duże znaczenie przy unikaniu błędów ma dobra specyfikacja i dokumentacja programu w przypadku oprogramowania tworzonego przez podmioty obce.

Elementy sterowania mocą

Funkcja bezpieczeństwa uruchamiana przez urządzenia ochronne i moduł logiczny musi spowodować zatrzymanie niebezpiecznego ruchu. W tym celu następuje zazwyczaj wyłączenie elementów napędowych lub roboczych przez elementy sterowania mocą.

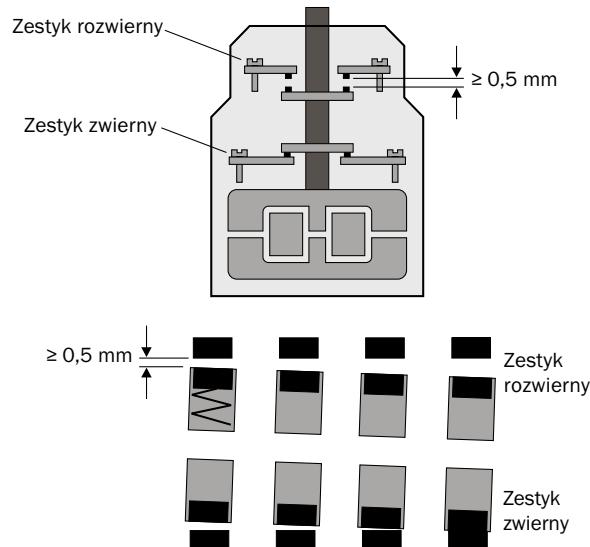
→ Zasada wyłączania/wyłączania dopływu energii: ISO 13849-2 (norma B)

Styczniki

Najczęściej używanym rodzajem elementów sterowania mocą są styczniki elektromechaniczne. Podsystem funkcji bezpieczeństwa może być złożony z jednego lub kilku styczniów ze względu na specjalne kryteria wyboru, połączenia i środki. Z powodu ochrony styków przed przeciążeniem i zwarciem, przewiarowania (zazwyczaj razy 2) i innych środków, styczni jest uważany za element sprawdzony. W celu uzyskania możliwości diagnozowania styczniu pod kątem funkcji bezpieczeństwa, konieczny jest jednoznaczny komunikat zwrotny o stanie styczni (EDM). Jest to możliwe przy użyciu styczniu z wymuszonym prowadzeniem styków. O prowadzeniu wymuszonemu mówi się wtedy, gdy styki są mechanicznie połączone ze sobą w zespole styków w sposób uniemożliwiający równoczesne zamknięcie styku normalnie otwartego i styku normalnie zamkniętego przez cały okres użytkowania.

Określenie „wymuszone prowadzenie styków” odnosi się do styczniu pomocniczego i styków pomocniczych. Również w stanie zakłócenia (stopiony styk normalnie otwarty) na styku normalnie zamkniętym musi być zagwarantowana zdefiniowana odległość styków wynosząca co najmniej 0,5 mm. W przypadku styczniów mocy do małych mocy łączeniowych (< 4 kW) nie istnieje istotna różnica pomiędzy głównymi członami łączeniowymi i pomocniczymi członami łączeniowymi, dlatego także przy małych styczniach mocy można mówić o „wymuszonym prowadzeniu styków”.

Do większych styczniów mocy stosuje się tak zwane „styki lustrzane”. W chwili, gdy któryś z głównych styków styczni jest zamknięty, żaden styk lustrzany (pomocniczy styk normalnie zamknięty) nie może być zamknięty. Typowe zastosowanie styków lustrzanych to wysoce niezawodna kontrola stanu łączenia styczni w elektrycznych obwodach sterujących maszyn.



Źródło: Moeller AG

**3
C**

System stykowy styczniu z wymuszonem prowadzeniem styków.
Zestyk zwierny jest zgrzany.

Gasiki

Elementy indukcyjne, takie jak cewki zaworów lub styczników, muszą być wyposażone w gasik w celu ograniczenia przejściowych przepięć powstających przy wyłączaniu. W ten sposób elementy przełączające są chronione przed przeciążeniem; dotyczy to przede wszystkim półprzewodników wyjątkowo czułych na

przepięcia. Z reguły tego typu obwody mają wpływ na opóźnienie opadania styków, a co za tym idzie – na wymagany odstęp minimalny urządzeń ochronnego (→ 3-42). Prosta dioda do gaszenia iskier może skutkować 14-krotnie dłuższym czasem wyłączania.

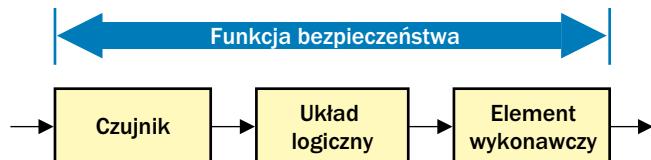
Gasik (z cewką indukcyjną)	Dioda	Kombinacja diod	Warystor	Człon RC
				
Ochrona przed przepięciami Opóźnienie opadania	Bardzo wysoka Bardzo długie (istotne dla bezpieczeństwa)	Wysoka Krótkie (ale należy uwzględnić)	Ograniczona Bardzo krótkie (nieistotne dla bezpieczeństwa)	Wysoka ¹⁾ Bardzo krótkie ¹⁾ (nieistotne dla bezpieczeństwa)

1). Konieczne jest dokładne dopasowanie elementu do indukcyjności!

Technika napędowa

Napędy pełnią ważną rolę przy rozpatrywaniu funkcji bezpieczeństwa, ponieważ są one między innymi źródłem zagrożeń stwarzanych przez niepożądane ruchy.

Funkcja bezpieczeństwa obejmuje obszar od czujnika aż do elementu wykonawczego (patrz rysunek).



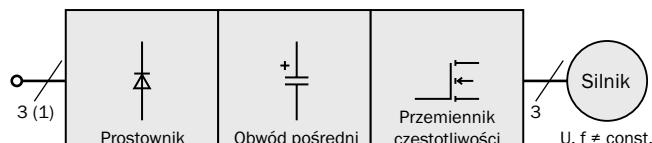
Element wykonawczy może przy tym obejmować liczne elementy składowe (styczniak, kontroler napędu, układ przesyłający komunikat zwrotny), w zależności od wykonania w sensie technicznym i funkcji bezpieczeństwa. W przypadku osi obciążonych dużymi siłami należy również uwzględnić systemy hamujące i zatrzymujące.

Sam napęd (silnik) nie jest przedmiotem rozważań.

Serwoprzetwornice i przetwornice częstotliwości

W technice napędowej napędy prądu stałego zostały w dużym stopniu wyparte przez napędy trójfazowe z przetwornicami częstotliwości. Z sieci prądu trójfazowego o stałej amplitudzie i częstotliwością przetwornica wytwarza napięcie wyjściowe o zmiennej częstotliwości i amplitudzie. W zależności od wersji prostowniki regulowane mogą podczas wyhamowania zwrotnie zasilać sieć energią pobraną z obwodu pośredniego.

Prostownik przekształca energię elektryczną z sieci i doprowadza ją do pośredniego obwodu napięcia stałego. Poprzez modulację długości impulsu falownik wytwarza z niej poprzez łączniki półprzewodnikowe odpowiednie pole wirujące w silniku, w celu wykonania wymaganych funkcji regulacyjnych. Typowa częstotliwość przełączania mieści się w zakresie od 4 kHz do 12 kHz.



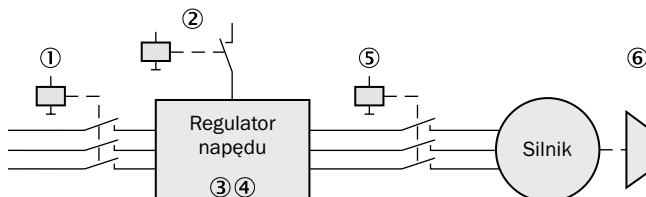
Do ograniczania przejściowych przepięć poprzez łączenie obciążzeń w obwodach prądu stałego i zmiennego należy wykorzystać elementy przeciwickłoceniowe, szczególnie w przypadku stosowania wrażliwych podzespołów elektronicznych w tej samej szafie sterowniczej.

Lista kontrolna

- Czy w przetwornicy częstotliwości zamontowano filtr na wejściu sieci?
- Czy obwód wyjścia przetwornicy wyposażono w filtr sinusoidalny?
- Czy przewody łączące są możliwie krótkie i ekranowane?
- Czy elementy składowe i ekrany są połączone na dużej powierzchni z uziemieniem lub przewodem ochronnym?
- Czy podłączono dławik komutacyjny do ograniczania prądu szczytowego?

Funkcje bezpieczeństwa w serwoprzetwornicach i przetwornicach częstotliwości

W podsystemie „element wykonawczy” możliwych jest kilka sposobów bezpiecznego odłączenia:



- ① Styczniak sieciowy – niekorzystny z powodu długiego czasu ponownego włączenia, szybkiego zużycia z powodu prądu rozruchowego
- ② Odblokowanie kontrolera – nie zapewnia bezpieczeństwa
- ③ Blokada impulsów „Bezpieczna blokada ponownego uruchomienia (zatrzymanie)”
- ④ Wartość zadana – nie zapewnia bezpieczeństwa
- ⑤ Styczniak silnikowy – dozwolony nie dla wszystkich przetwornic
- ⑥ Hamulec zatrzymujący – zazwyczaj nie hamulec roboczy

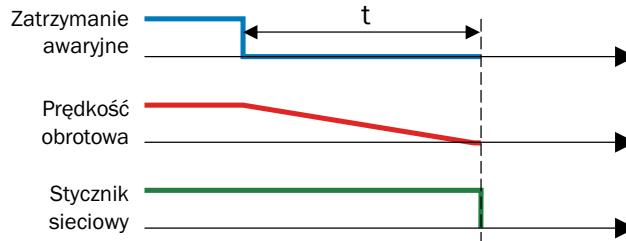
Funkcja bezpieczeństwa może zostać zrealizowana za pomocą kontrolera napędu na różne sposoby:

- Poprzez **rozłączenie dopływu energii**, np. przez styczniak sieciowy ① albo styczniak silnikowy ⑤.
- Poprzez nadzorujące **połączenia zewnętrzne**, np. poprzez monitoring enkodera
- Poprzez zintegrowane bezpośrednio w kontrolerze napędu **elementarne funkcje bezpieczeństwa** (→ 3-76)

Rozłączenie dopływu energii

Przy zastosowaniu przetwornic analiza ryzyka powinna uwzględniać energię zmagazynowaną w obwodzie pośrednim bądź energię wytworzoną w procesie hamowania.

Rozpatrując drogę dobiegu, należy wychodzić z założenia, że w sterowaniu ruchem nie występuje funkcja rampowa dla hamowania. Po odłączeniu napęd zatrzymuje się wolniej lub szybciej, zależnie od tarcia (kategoria zatrzymania 0). Wystrowanie funkcji rampowej dla hamowania poprzez wpływanie na wartość zadaną i/lub odblokowanie kontrolera, a następnie odłączenie styczników lub zablokowanie impulsu (kategoria zatrzymania 1) może skrócić drogę hamowania.



Rejestrowanie prędkości obrotowej w przypadku zewnętrznych modułów nadzorujących

Zewnętrzne moduły nadzorujące potrzebują do nadzorowania napędu sygnałów, które zgłaszą aktualne parametry ruchu. Źródłami sygnałów są w tym przypadku czujniki i enkodery.

Zależnie od wymaganego poziomu bezpieczeństwa PL lub SIL, muszą to być czujniki bezpieczne, albo wykonanie musi być redundantne.

Alternatywne nadzorowanie zatrzymania może polegać także na odczytywaniu napięcia indukowanego przez wybiegający silnik. Funkcjonuje to również w przypadku napędów o regulowanej prędkości obrotowej.

Elementarne funkcje bezpieczeństwa zintegrowane w kontrolerze napędu

Funkcje bezpieczeństwa wykonywane są przez związane z bezpieczeństwem części układów sterowania (SRP/CS). Obejmują one podfunkcje rejestracji (czujnik), przetwarzania (moduł logiczny) oraz przełączania lub oddziaływanego (element wykonawczy). W tym kontekście, związane z bezpieczeństwem funkcje zintegrowane w kontrolerze napędu należy traktować jako elementarne funkcje bezpieczeństwa.

Dzieli się je ogólnie na dwie grupy:

- Bezpieczne funkcje zatrzymywania i hamowania: służą one do bezpiecznego unieruchomienia napędu (np. bezpieczne zatrzymanie).
- Bezpieczne funkcje ruchów: służą one do bezpiecznego nadzorowania napędu podczas pracy (np. bezpieczne redukowanie prędkości).

Niezbędne funkcje nadzorowania napędu zależą ogólnie rzecz biorąc od zastosowania. Warunkami brzegowymi są między innymi takie parametry, jak potrzebna droga hamowania, występowanie energii kinetycznej itd.

Reakcja odłączeniowa będzie różna zależnie od wybranej elementarnej funkcji bezpieczeństwa. Przykład: bezpiecznie odłączany moment obrotowy (STO) w odpowiedzi na żądanie zatrzymania prowadzi do niekontrolowanego zakończenia ruchu. W przypadku bezpiecznego zatrzymania (SS1 lub SS2) występuje kontrolowane opóźnienie. Ewentualnie można zastosować kombinację funkcji elementarnych jako właściwy środek. Możliwe interfejsy służące do wysterowania podfunkcji zintegrowanych bezpośrednio w napędzie:

- dyskretne sygnały 24 V
- komunikacja wiodąca (kanał 1)/24 V dyskretna (kanał 2)
- bezpieczne systemy komunikacyjne (systemy magistrali polowej/interfejs sieciowy)

Pod pojęciem komunikacji wiodącej należy rozumieć dyktowanie wartości zadanej dla prędkości obrotowej lub położenia ze standardowego sterownika do napędu poprzez niezabezpieczoną magistralę polową lub sieć.

Większość dostępnych obecnie elementarnych funkcji bezpieczeństwa dla napędów o zmiennej prędkości obrotowej jest szczegółowo opisana w zharmonizowanej normie IEC 61800-5-2 „Elektryczne układy napędowe mocy o regulowanej prędkości”, część 5-2 „Wymagania dotyczące bezpieczeństwa – Bezpieczeństwo funkcjonalne”. Kontrolery napędu spełniające wymogi tej normy mogą być stosowane jako istotne dla bezpieczeństwa części układu sterowania zgodnie z normą ISO 13849-1 lub IEC 62061.

Funkcje bezpieczeństwa napędów według EN 61800-5-2

<p>Bezpieczne odłączany moment obrotowy (STO)</p> <ul style="list-style-type: none"> Odpowiada kategorii zatrzymania 0 według IEC 60204-1 Pozbawione sterowania zatrzymanie po przez natychmiastowe przerwanie dopływu energii do elementów napędowych Bezpieczna blokada ponownego uruchomienia: zapobiega nieoczekiwanej rozmowie silnika 	<p>Bezpieczna prędkość maksymalna (SMS)¹⁾</p> <ul style="list-style-type: none"> Bezpieczne nadzorowanie maksymalnej prędkości niezależnie od trybu pracy
<p>Bezpieczne zatrzymanie 1 (SS1)²⁾</p> <ul style="list-style-type: none"> Odpowiada kategorii zatrzymania 1 według IEC 60204-1 Sterowane zatrzymanie przy zachowaniu dopływu energii do elementów napędowych Po zatrzymaniu albo poniżej pewnej prędkości granicznej: aktywowanie funkcji STO Opcjonalnie: nadzorowanie funkcji rampowej dla hamowania 	<p>Bezpieczny system hamowania i zatrzymywania (SBS)¹⁾</p> <ul style="list-style-type: none"> Bezpieczny system hamowania i zatrzymywania steruje dwoma niezależnymi hamulcami oraz je nadzoruje.
<p>Bezpieczne zatrzymanie 2/bezpieczne zatrzymanie robocze (SS2, SOS)²⁾</p> <ul style="list-style-type: none"> Odpowiada kategorii zatrzymania 2 według IEC 60204-1 Sterowane zatrzymanie przy zachowaniu dopływu energii do elementów napędowych Po zatrzymaniu: bezpieczne nadzorowanie położenia wału napędowego w zdefiniowanym zakresie 	<p>Bezpieczne rygławianie drzwi (SDL)¹⁾</p> <ul style="list-style-type: none"> Urządzenie ryglujące drzwi ochronne jest odryglowywane tylko wtedy, gdy wszystkie napędy chronionego obszaru znajdują się w stanie bezpiecznym..
<p>Bezpieczne ograniczona prędkość (SLS)</p> <ul style="list-style-type: none"> Przy dostępnym zezwoleniu, w trybie specjalnym nadzorowana jest bezpiecznie ograniczona prędkość. Przy przekroczeniu tej prędkości wywołana jest jedna z funkcji bezpiecznego zatrzymania. 	<p>Bezpieczne ograniczony rozmiar kroku (SLI)</p> <ul style="list-style-type: none"> Przy dostępnym zezwoleniu, w trybie specjalnym nadzorowany jest bezpiecznie ograniczony rozmiar kroku. Następnie napęd jest bezpiecznie zatrzymywany i pozostaje nieruchomy w tym miejscu.
<p>Bezpieczny kierunek ruchu (SDI)</p> <ul style="list-style-type: none"> Oprócz bezpiecznego ruchu nadzorowany jest bezpieczny kierunek ruchu (prawo/lewo). 	<p>Bezpieczne nadzorowany czas opóźnienia (SMD)¹⁾</p> <ul style="list-style-type: none"> Bezpieczne nadzorowanie czasu opóźnienia przy zatrzymywaniu wraz z przewidującym zachowaniem
<p>Bezpieczne nadzorowana pozycja (SLP)¹⁾</p> <ul style="list-style-type: none"> Oprócz bezpiecznego ruchu nadzorowany jest bezpieczny zakres położen bezwzględnych. W razie naruszenia wartości granicznych napęd jest zatrzymywany przez jedną z funkcji zatrzymywania (zwrócić uwagę na dobieg). 	<p>Bezpieczne ograniczona pozycja (SPS)</p> <ul style="list-style-type: none"> Nadzorowanie bezpiecznych przełączników w oprogramowaniu

1) niezdefiniowane w IEC 61800-5-2.

2) niebezpieczne wyhamowanie: jeśli nie została zdefiniowana funkcja rampowa dla hamowania, w czasie opóźnienia nie jest rozpoznawane przyspieszenie silnika.

Źródło: Bosch Rexroth AG

→ Bezpieczeństwo funkcjonalne napędów mocy IEC 61800-5-2 (norma B)

Hydrauliczne i pneumatyczne układy sterowania

Zawory

We wszystkich zaworach znajdują się ruchome elementy przełączające (tłoki, popychacze, gniazda itd.), które z uwagi na ich funkcję ulegają mechanicznemu zużyciu.

Najczęstsze przyczyny, które prowadzą do istotnych dla bezpieczeństwa awarii zaworów, są następujące:

- usterki elementów funkcyjnych zaworu (funkcja cofania, funkcja przełączania, funkcja uszczelniania);
- zanieczyszczenia cieczy.

Zanieczyszczenia należy zaliczyć do przypadków zastosowania niezgodnego z przeznaczeniem i generalnie prowadzą one do zakłóceń funkcji. W przypadku wszystkich zaworów obowiązuje zasada, że zanieczyszczenia prowadzą do przedwczesnego zużycia. Tym samym brakuje podstaw do skutecznego zaprojektowania w oparciu o określone prawdopodobieństwo awarii.

Stosowane w zaworach monostabilnych sprężyny odpowiadające za funkcję cofania są generalnie projektowane jako trwałe i zgodnie z normą ISO 13849-2 mogą być uznawane za sprawdzone. Nie można natomiast wykluczyć usterki polegającej na zerwaniu tej sprężyny.

Ważną cechą odróżniającą zawory jest wykonanie ruchomego elementu przełączającego we wnętrzu zaworu.

Ich konstrukcja w istotny sposób wpływa na kierunek awarii zaworu danego typu. Podczas gdy w przypadku zaworów z gniazdem można liczyć się z przeciekiem, w przypadku zaworów tłokowych może dojść do zablokowania tłoka.

W przypadku zaworu z gniazdem funkcja przełączania jest realizowana przez ruchomy element przełączający (pływkę zaworu), która zmienia swoje położenie względem wykonanego w obudowie gniazda. Takie wykonanie umożliwia otwieranie na dużą szerokość przy niewielkim skoku. Poprzez odpowiednie zaprojektowanie możliwe jest uzyskanie braku przecieków.

W przypadku zaworów tłokowych korpus zaworu otwiera lub zamyka przepływ wskutek pokrycia się z otworem lub rowkiem na jego obwodzie. Zmiany przekroju tłoka względem zmian przekroju w obudowie wpływają na strumień przepływu i są określone mianem krawędzi sterujących. Istotną cechą tej konstrukcji zaworu, na którą należy zwracać uwagę, jest tak zwane pokrycie (ang.: lap). Oznacza ono odstęp w kierunku wzdłużnym pomiędzy nieruchomoimi i ruchomymi krawędziami sterującymi zaworu tłokowego. W przypadku zaworów z twardymi powierzchniami uszczelniającymi, wymagany dla działania zaworu odstęp pomiędzy tłokiem a otworem w obudowie prowadzi do przecieków przy występującej różnicy ciśnień.

Zasady projektowania z aspektami bezpieczeństwa technicznego

W przypadku zastosowań zaworów związanych z bezpieczeństwem może być wymagana sygnalizacja ustawnienia zaworu.

W tym celu stosowane są różne metody:

- przełączniki kontaktronowe, które są aktywowane przez magnes wtopiony w ruchomej części zaworu;
- indukcyjne łączniki zbliżeniowe, które są aktywowane bezpośrednio przez ruchomy element przełączający zaworu;
- analogowe rejestrowanie drogi ruchomego elementu przełączającego zaworu;
- pomiar ciśnienia za zaworem.

W przypadku zaworów z napędem elektromagnetycznym wymagany jest obwód ochronny dla cewki elektromagnesu, działający na zasadzie analogicznej do styczniaka. Techniczna analiza bezpieczeństwa elementów wykonawczych w rozumieniu normy ISO 13849 odnosi się do zaworów jako elementów sterujących mocą. Odpowiednio do możliwych skutków, analiza taka powinna obejmować również zawodność napędów bądź elementów roboczych.



Koncepcja filtrów

Znacząca większość awarii układów sterowania opartych na technice cieczy ma swoje źródło w zakłócenach związanych z zanieczyszczeniem danej cieczy. Dwie najistotniejsze przyczyny to:

- zanieczyszczenia powstające podczas montażu = brud towarzyszący pracom montażowym (np. wióry, piasek z formy odlewniczej, włókna pochodzące z czyściwa, zanieczyszczenia podłożą);
- zanieczyszczenia powstające podczas eksploatacji = brud towarzyszący eksploatacji (np. z otoczenia, ścieki elementów składowych).

Zanieczyszczenia te muszą być redukowane w akceptowalnym stopniu za pomocą filtrów.

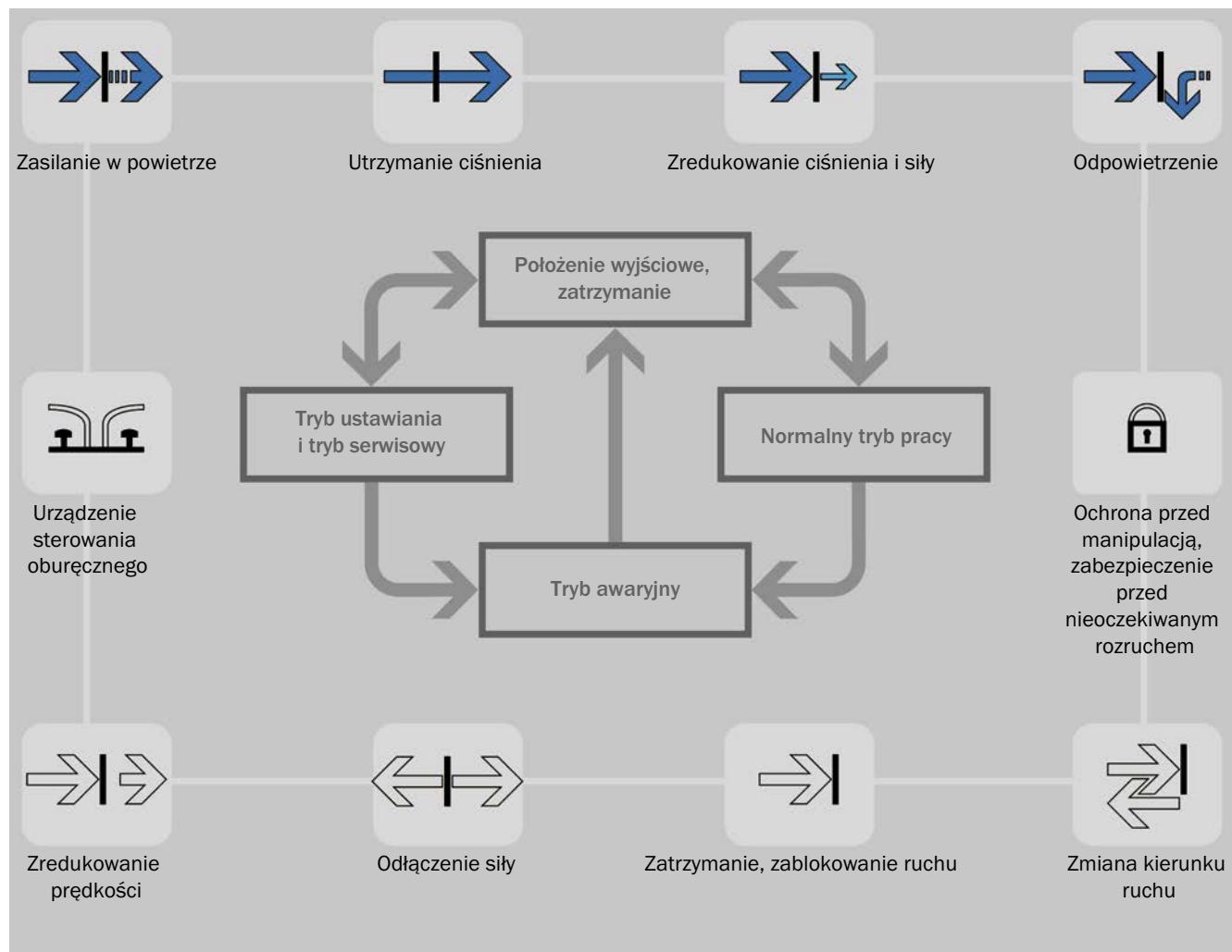
Pod pojęciem koncepcji filtrów należy rozumieć odpowiedni wybór zasad filtracji dla określonego zadania, jak również umieszczenie filtrów w odpowiednim miejscu. Koncepcję filtrów należy przygotować w taki sposób, aby istniała możliwość zatrzymania w filtrach nowych zanieczyszczeń docierających do całego systemu i utrzymania wymaganej czystości przez cały okres eksploatacji.

- Sprawdzone zasady bezpieczeństwa: EN ISO 13849-2 (norma B)
- Wymagania dotyczące instalacji hydraulicznych/pneumatycznych w zakresie bezpieczeństwa technicznego: ISO 4413, ISO 4414
- Proces starzenia zaworów hydraulicznych: Raport BIA 6/2004

Pneumatyka systemów bezpieczeństwa

Elekropneumatyczne układy sterowania realizują funkcje bezpieczeństwa, wpływając na elementy napędowe lub robocze za pomocą kombinacji kilku zaworów, jako elementów sterujących mocą, poprzez sygnały elektryczne pochodzące z modułu logicznego. Typowe funkcje istotne dla bezpieczeństwa można przyporządkować do trybów pracy maszyny jako elementarne

funkcje bezpieczeństwa. Obok elekropneumatycznych układów sterowania istnieją także układy czysto pneumatyczne. Zaleta tych rozwiązań polega na tym, że – ze względu na deterministyczne zachowanie pneumatyki – w stosunkowo prosty sposób możliwe jest zrealizowanie elementarnych funkcji bezpieczeństwa na czysto pneumatycznej zasadzie.



→ Bezpосrednie oddziaływanie pneumatyczne na ruch
⇒ Pośrednie oddziaływanie pneumatyczne na ruch

Źródło: Festo AG & Co. KG – przewodnik dotyczący techniki zabezpieczeń

Przegląd produktów techniki bezpieczeństwa maszyn

Czujniki	Układ logiczny	Elementy sterowania mocą
Optyczne kurtyny bezpieczeństwa 		Napędy elektryczne z elementarnymi funkcjami bezpieczeństwa ¹⁾ 
Kamery bezpieczeństwa 	Przełączniki bezpieczeństwa 	Zabezpieczające zwoły pneumatyczne ²⁾ 
Wielowiązkowe optyczne bariery bezpieczeństwa 		
Jednowiązkowe optyczne bariery bezpieczeństwa 		
Laserowe skanery bezpieczeństwa 		
Urządzenia blokujące		Styczniki ³⁾ 
Z oddzielnym aktuatorem 	Sterowniki bezpieczeństwa i systemy Motion Control 	Przetwornice częstotliwości ⁴⁾ 
Z aktywatorem do urządzeń ryglujących 		
Do krzywika przełączającej, obrotowej dźwigni 		
Magnetyczne kodowane 		Hamulce ²⁾ 
Kodowane RFID 		
Indukcyjne 		
Przyciski zatrzymania awaryjnego i urządzenia zezwalające 	Bezpieczna kaskada czujników 	Zawory pneumatyczne ¹⁾ 
Systemy sprzężenia zwrotnego-napędu Enkodery Fotoprzekaźniki, czujniki magnetyczne i indukcyjne 		Zawory hydrauliczne ¹⁾ 

Rozwiązania serwisowe firmy SICK

Za uprzejmym pozwoleniem: 1) Bosch Rexroth AG, 2) FESTO AG & Co. KG, 3) Eaton Industries GmbH, 4) SEW-EURODRIVE GmbH & Co. KG.

→ Produkty firmy SICK można znaleźć w wyszukiwarce produktów online na stronie www.sick.com

Podsumowanie: projektowanie funkcji bezpieczeństwa

Informacje podstawowe

- Należy stworzyć koncepcję bezpieczeństwa. Należy w niej uwzględnić cechy maszyny, cechy otoczenia, cechy człowieka, cechy projektu i właściwości urządzeń ochronnych.
- Funkcje bezpieczeństwa należy projektować na odpowiednim poziomie bezpieczeństwa. Funkcje bezpieczeństwa tworzone są przez podsystemy czujników, układów logicznych i elementów wykonawczych.
- Poziom bezpieczeństwa każdego podsystemu można określić na podstawie następujących parametrów bezpieczeństwa technicznego: struktura, niezawodność, diagnostyka, odporność i warunki procesu.

Cechy i zastosowanie technicznych środków ochronnych

- Należy określić właściwości konieczne dla danego urządzenia ochronnego. Czy potrzeba np. jednego lub kilku urządzeń należących do elektroczułego wyposażenia ochronnego (ESPE), osłon, osłon ruchomych lub stacjonarnych urządzeń ochronnych?
- Dla każdego urządzenia ochronnego należy określić prawidłowe umiejscowienie i parametry techniczne, przede wszystkim minimalna odległość (odległość bezpieczeństwa) i konieczną wielkość/wysokość pola ochronnego danego urządzenia ochronnego.
- Zintegrować urządzenia ochronne w sposób opisany w instrukcji eksploatacji, który jest wymagany dla danego poziomu bezpieczeństwa.

Moduły logiczne

- Wybrać odpowiedni moduł logiczny w zależności od liczby funkcji bezpieczeństwa i „głębii” układu logicznego.
- Stosować certyfikowane podzespoły funkcyjne i dbać o przejrzystość projektu.
- Zlecić dokładne sprawdzenie projektu i dokumentacji (zasada czterech oczu).

3
C

Krok 3d. Weryfikacja funkcji bezpieczeństwa

Podczas weryfikacji stwierdza się na podstawie analizy i/lub badań, że funkcja bezpieczeństwa spełnia pod każdym względem cele i wymagania podane w specyfikacji.

Weryfikacja mechanicznego wykonania urządzenia ochronnego

W przypadku mechanicznych urządzeń ochronnych należy sprawdzić, czy spełniają one wymagania pod względem odseparowania lub zapewnienia odstępu od miejsc zagrożenia oraz wymagania dotyczące zatrzymywania wyrzucanych elementów lub emitowanego promieniowania. Należy zwrócić szczególną uwagę na spełnienie wymagań ergonomii.

Odseparowanie i/lub zapewnienie odstępu

- odpowiednia odległość bezpieczeństwa i zwymiarowanie (sięgniecie od góry, sięgniecie od dołu itp.)
- odpowiednia wielkość oczek lub odległości krat przy elementach odgradzających
- odpowiednia wytrzymałość i zamocowanie
- wybór odpowiednich materiałów
- bezpieczny projekt
- odporność na proces starzenia
- zaprojektowanie urządzenia ochronnego w sposób uniemożliwiający wspinanie się po nim

Weryfikacja składa się zasadniczo z dwóch części:

- weryfikacji bezpieczeństwa mechanicznego
- weryfikacji bezpieczeństwa funkcjonalnego



Zatrzymywanie wyrzucanych elementów i/lub emitowanego promieniowania

- odpowiednia wytrzymałość/odporność na uderzenia i złamania (zdolność zatrzymywania)
- odpowiednia zdolność zatrzymywania danego rodzaju promieniowania, szczególnie w przypadku zagrożeń termicznych (wysoka, niska temperatura)
- odpowiednia wielkość oczek lub odległości krat przy elementach odgradzających
- odpowiednia wytrzymałość i zamocowanie
- wybór odpowiednich materiałów
- bezpieczny projekt
- odporność na proces starzenia

Wymagania ergonomiczne

- dobra widoczność lub przezroczyste materiały (obserwacja pracy maszyny)
- projekt, kolor, estetyka
- obsługa (masa, sposób uruchamiania itp.)

W tym rozdziale ...

Weryfikacja wykonania mechanicznego	3-83
Weryfikacja bezpieczeństwa funkcjonalnego	3-85
Określenie uzyskanego poziomu zapewnienia bezpieczeństwa (PL) wg ISO 13849-1	3-86
Alternatywnie: określenie uzyskanego poziomu nienaruszalności bezpieczeństwa (SIL) wg IEC 62061	3-95
Pomoc i wsparcie	3-100
Podsumowanie	3-100

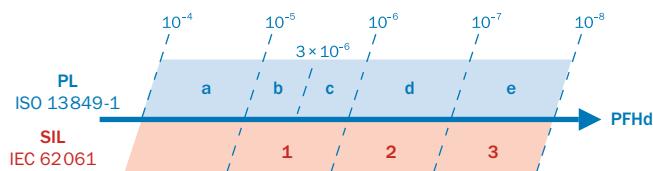
Kontrolę skuteczności urządzenia ochronnego można wykonać na podstawie listy kontrolnej:

Przykład: lista kontrolna dla producenta lub podmiotu wykonującego wyposażenie, dotycząca instalacji urządzeń ochronnych (np. elektroczulego wyposażenia ochronnego)		
1. Czy w wystarczającym stopniu uniemożliwiono dostęp do obszaru zagrożenia lub miejsca zagrożenia i czy dostęp jest możliwy tylko przez zabezpieczone miejsca (elektroczulé wyposażenie ochronne, drzwi ochronne z blokadą)?	Tak <input type="checkbox"/>	Nie <input type="checkbox"/>
2. Czy podjęto środki uniemożliwiające (mechaniczna ochrona przed obejściem zabezpieczeń) lub kontrolujące przebywanie w obszarze zagrożenia bez ochrony przy zabezpieczeniu obszaru zagrożenia/miejsca zagrożenia i czy są one zabezpieczone przed usunięciem lub zablokowaniem?	Tak <input type="checkbox"/>	Nie <input type="checkbox"/>
3. Czy urządzenie ochronne jest zgodne z wymaganym poziomem niezawodności (PL lub SIL) funkcji bezpieczeństwa?	Tak <input type="checkbox"/>	Nie <input type="checkbox"/>
4. Czy zmierzono maksymalny czas zatrzymania lub dobiegu maszyny oraz czy jest on podany i udokumentowany (na maszynie i/lub w dokumentacji maszyny)?	Tak <input type="checkbox"/>	Nie <input type="checkbox"/>
5. Czy zachowano wymaganą minimalną lub bezpieczną odległość urządzenia ochronnego od najbliższego miejsca zagrożenia?	Tak <input type="checkbox"/>	Nie <input type="checkbox"/>
6. Czy skutecznie uniemożliwiono siegnięcie od dołu/od góry, przejście od dołu/od góry lub przez urządzenie ochronne?	Tak <input type="checkbox"/>	Nie <input type="checkbox"/>
7. Czy urządzenia lub przełączniki są prawidłowo zamocowane i zabezpieczone przed przesunięciem po wykonaniu ustawnień?	Tak <input type="checkbox"/>	Nie <input type="checkbox"/>
8. Czy działają wymagane środki ochronne, zabezpieczające przed porażeniem prądem elektrycznym (klasa ochrony)?	Tak <input type="checkbox"/>	Nie <input type="checkbox"/>
9. Czy istnieje urządzenie sterujące umożliwiające reset urządzenia ochronnego lub ponowne uruchomienie maszyny i czy jest prawidłowo zamontowane?	Tak <input type="checkbox"/>	Nie <input type="checkbox"/>
10. Czy elementy składowe zastosowane w urządzeniach ochronnych są podłączone zgodnie ze wskazówkami producenta?	Tak <input type="checkbox"/>	Nie <input type="checkbox"/>
11. Czy zawsze przy ustawianiu przełącznika trybów pracy działa odpowiednia funkcja bezpieczeństwa?	Tak <input type="checkbox"/>	Nie <input type="checkbox"/>
12. Czy urządzenia ochronne działają przez cały czas trwania niebezpiecznego stanu?	Tak <input type="checkbox"/>	Nie <input type="checkbox"/>
13. Czy przy wyłączaniu lub odłączaniu urządzeń ochronnych, a także przy przełączaniu trybów pracy lub przy przełączaniu na inne urządzenie ochronne następuje zatrzymanie niebezpiecznego stanu?	Tak <input type="checkbox"/>	Nie <input type="checkbox"/>
14. Czy wskazówki dołączone do urządzenia ochronnego są umieszczone w sposób dobrze widoczny dla operatora?	Tak <input type="checkbox"/>	Nie <input type="checkbox"/>

Weryfikacja bezpieczeństwa funkcjonalnego

Zgodnie z normami dotyczącymi bezpieczeństwa funkcjonalnego należy sprawdzić, czy zadany poziom bezpieczeństwa odpowiada rzeczywistemu poziomowi bezpieczeństwa. Służą do tego dwie różne metody:

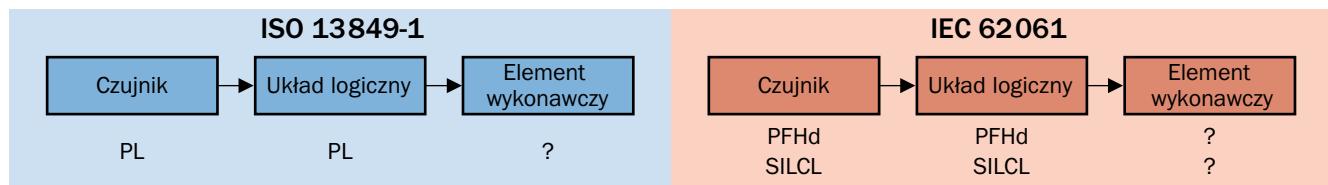
- określenie uzyskanego poziomu zapewnienia bezpieczeństwa (PL) wg EN ISO 13849-1
- określenie uzyskanego poziomu nienaruszalności bezpieczeństwa (SIL) wg IEC 62061



Z pomocą obu metod można sprawdzić, czy pozostałe ryzyko resztkowe jest możliwe do zaakceptowania. Jako parametr ilościowy wyznacza się w tym celu wartość PFHd.

W przedstawionych niżej przykładach (→ 3-93 i → 3-98) znajdują się dane dotyczące czujnika i układu logicznego, brak natomiast danych dotyczących elementu wykonawczego.

- Poziom zapewnienia bezpieczeństwa (PL – Performance Level): zdolność części związanych z bezpieczeństwem do wykonania funkcji bezpieczeństwa w przewidywalnych warunkach, w celu zrealizowania oczekiwanej minimalizacji ryzyka.
- PFHd: prawdopodobieństwo niebezpiecznej awarii na godzinę.
- SILCL: granica osiągalności SIL (przydatność). Dyskretny poziom pozwalający na określenie nienaruszalności funkcji bezpieczeństwa.

3
d

O określenie uzyskanego poziomu zapewnienia bezpieczeństwa (PL) wg ISO 13849-1

W normie ISO 13849-1 przewidziano dwie procedury do określania poziomu zapewnienia bezpieczeństwa (PL):

- **Procedura uproszczona (→ 3-87):**

tabellaryczne określenie poziomu zapewnienia bezpieczeństwa (PL) na podstawie poziomu zapewnienia bezpieczeństwa (PL) podsystemów

- **Procedura szczegółowa (→ 3-88):**

obliczenie poziomu zapewnienia bezpieczeństwa (PL) na podstawie wartości PFHd podsystemów. (Wyżej wymieniona procedura jest opisana w normie jedynie w sposób pośredni).

Przy wykorzystaniu procedury szczegółowej można często obliczyć poziomy zapewnienia bezpieczeństwa (PL) w sposób bardziej realny, niż przy wykorzystaniu procedury uproszczonej. Dla obu procedur należy dodatkowo uwzględnić strukturalne i systematyczne aspekty uzyskania danego poziomu zapewnienia bezpieczeństwa (PL).

Podsystemy

Na funkcję bezpieczeństwa, realizowaną za pomocą środków bezpieczeństwa technicznego, składają się z reguły czujnik, układ logiczny i element wykonawczy. Tego typu łańcuch może być złożony z jednej strony z elementów dyskretnych, takich jak urządzenia blokujące do osłon lub zawory, ale też z kompleksowych układów sterujących bezpieczeństwem. W związku z tym z reguły konieczne jest podzielenie funkcji bezpieczeństwa na podsystemy.



W praktyce dla określonych funkcji bezpieczeństwa stosuje się zazwyczaj podsystemy mające już certyfikat. Takimi podsystemami mogą być np. kurtyny świetlne, ale też układy sterujące bezpieczeństwem, dla których istnieje już „wstępnie obliczony” poziom zapewnienia bezpieczeństwa (PL) lub wartość PFHd, dostarczone przez producenta danego elementu składowego.

Wartości te obowiązują tylko w podanym przez producenta okresie użytkowania. Oprócz aspektów możliwych do policzenia należy zweryfikować także środki zapobiegające systematycznym awariom.

→ Więcej informacji dotyczących walidacji: ISO 13849-2

→ Dużą ilość informacji dotyczących weryfikacji przy wykorzystaniu normy ISO 13849-1 można znaleźć pod adresem:

www.dguv.de/bgia/13849

Procedura uproszczona

Jest to procedura pozwalająca na dosyć dokładne oszacowanie całociowego poziomu zapewnienia bezpieczeństwa (PL) dla wielu aplikacji bez dokładnej znajomości pojedynczych wartości PFHd. W przypadku, gdy znany jest poziom zapewnienia bezpieczeństwa (PL) dla wszystkich podsystemów, można za pomocą poniższej tabeli obliczyć uzyskany całociowy poziom zapewnienia bezpieczeństwa (PL) dla konkretnej funkcji bezpieczeństwa.

Sposób postępowania

- Określić poziom zapewnienia bezpieczeństwa (PL) podsystemu lub podsystemów o najniższym poziomie zapewnienia bezpieczeństwa w funkcji bezpieczeństwa: **PL (low)**
- Określić liczbę podsystemów mających taki poziom zapewnienia bezpieczeństwa PL (low): **n (low)**

Przykład 1:

- Wszystkie podsystemy uzyskują „e”, najniższym PL (low) jest więc „e”.
- Liczba podsystemów mających taki poziom zapewnienia bezpieczeństwa (PL) wynosi 3 (a więc ≤ 3). W związku z tym uzyskany całociowy poziom zapewnienia bezpieczeństwa (PL) to „e”.
- Dodanie kolejnego podsystemu z poziomem zapewnienia bezpieczeństwa (PL) „e” spowodowałoby zgodnie z tą procedurą obniżenie całociowego poziomu bezpieczeństwa do „d”.

Przykład 2:

- Jeden podsystem uzyskuje PL „d”, a dwa podsystemy PL „c”. Najniższym poziomem zapewnienia bezpieczeństwa PL (low) jest więc „c”.
- Liczba podsystemów mających taki poziom zapewnienia bezpieczeństwa PL wynosi 2 (a więc ≤ 2). W związku z tym uzyskany całociowy poziom zapewnienia bezpieczeństwa (PL) to „c”.

→ Jeśli istnieją podsystemy, dla których nie jest znany poziom zapewnienia bezpieczeństwa, to ich PL można określić na podstawie informacji podanych w rozdziale „Określenie poziomu zapewnienia bezpieczeństwa podsystemu wg ISO 13849-1”, znajdującym się poniżej.

Procedura ta bazuje na wartościach średnich w zakresie wartości PFHd dla różnych poziomów zapewnienia bezpieczeństwa. Z uwagi na to zastosowanie procedury szczegółowej (patrz następny punkt) może dostarczyć bardziej szczegółowych wyników.

PL (low) (najniższy PL podsystemu)	n (low) (liczba podsystemów mających taki PL)	PL (maksymalny możliwy do uzyskania PL)
a	> 3	→ -
	≤ 3	→ a
b	> 2	→ a
	≤ 2	→ b
c	> 2	→ b
	≤ 2	→ c
d	> 3	→ c
	≤ 3	→ d
e	> 3	→ d
	≤ 3	→ e

Procedura szczegółowa

Istotnym – ale nie wyłącznym – kryterium określania poziomu zapewnienia bezpieczeństwa jest „prawdopodobieństwo niebezpiecznego uszkodzenia na godzinę (PFHd)” elementów zabezpieczających. Uzyskana wartość PFHd jest sumą poszczególnych wartości PFHd.

Ponadto producent elementu zabezpieczającego może poczynić też dodatkowe ograniczenia strukturalne, które należy również uwzględnić przy rozważaniach całosciowych.

- Jeśli wartość PFHd nie jest znana dla wszystkich podsystemów, to można określić ich poziom bezpieczeństwa.
Patrz „Określenie poziomu zapewnienia bezpieczeństwa podsystemu wg ISO 13849-1” poniżej.

Określenie poziomu zapewnienia bezpieczeństwa podsystemu wg ISO 13849-1

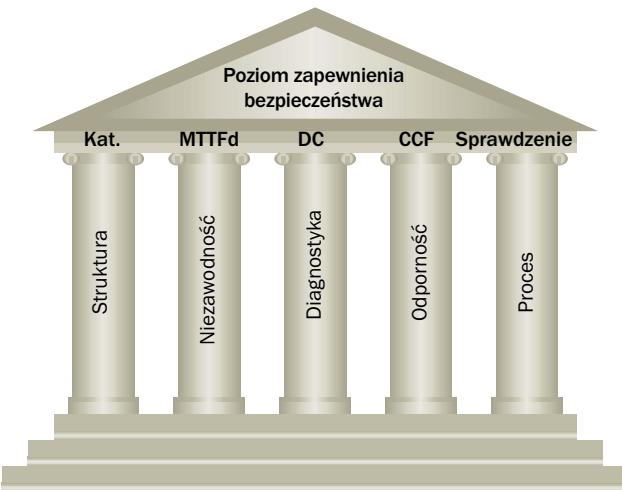
Podsystem stosowany do zapewnienia bezpieczeństwa technicznego może być zbudowany z większej liczby pojedynczych elementów składowych, pochodzących także od różnych producentów. Przykładami takich elementów składowych są:

- po stronie wejściowej: dwa wyłączniki bezpieczeństwa przy jednej osłonie
- po stronie wyjściowej: stycznik i przemiennik częstotliwości do zatrzymania niebezpiecznego ruchu

W takich przypadkach należy samodzielnie określić poziom zapewnienia bezpieczeństwa (PL) dla danego podsystemu.

Na uzyskany poziom zapewnienia bezpieczeństwa (PL) dla podsystemu składają się następujące parametry:

- struktura i działanie funkcji bezpieczeństwa w warunkach defektu (kategoria → 3-89)
- wartości MTTFd (średni czas pomiędzy niebezpiecznymi defektami) dla poszczególnych elementów (→ 3-90)
- pokrycie diagnostyczne (DC → 3-91)
- defekty spowodowane wspólną przyczyną (CCF → 3-91)
- istotne dla bezpieczeństwa aspekty oprogramowania
- uszkodzenia systematyczne



Kategoria istotnych dla bezpieczeństwa elementów układów sterowania (ISO 13849-1)

Podsystemy są z reguły zbudowane jako jednokanałowe lub dwukanałowe. Systemy jednokanałowe reagują bez dodatkowych środków na defekty w formie niebezpiecznej uszkodzenia. Defekty można rozpoznać dzięki dodatkowym elementom

testującym lub systemom dwukanałowym, które sprawdzają się wzajemnie. W normie ISO 13849-1 dokonano klasyfikacji struktury na kategorie.

Kategoria	Krótki opis wymagań	Działanie systemu	Zasady uzyskania bezpieczeństwa
B	Związane z bezpieczeństwem elementy układów sterowania i/lub urządzenia ochronne oraz ich części muszą być zaprojektowane, zbudowane, wybrane, zestawione i połączone zgodnie z odpowiednimi normami w sposób umożliwiający wytrzymanie spodziewanych wpływów.	<ul style="list-style-type: none"> Wystąpienie defektu może spowodować utratę funkcji bezpieczeństwa. 	Charakterystyka głównie poprzez wybór części
1	Muszą być spełnione wymagania kategorii B. Należy stosować wypróbowane części i wypróbowane zasady bezpieczeństwa.	<ul style="list-style-type: none"> Wystąpienie defektu może spowodować utratę funkcji bezpieczeństwa, ale prawdopodobieństwo pojawiienia się błędu jest mniejsze niż w przypadku kategorii B. 	
2	Muszą być spełnione wymagania kategorii B i musi być zapewnione stosowanie wypróbowanych zasad bezpieczeństwa. Funkcja bezpieczeństwa musi być kontrolowana w odpowiednich odstępach czasu przez układ sterowania maszyną (częstotliwość testów 100 razy większa niż częstotliwość wymagana).	<ul style="list-style-type: none"> Wystąpienie defektu może spowodować utratę funkcji bezpieczeństwa między kontrolami. Utrata funkcji bezpieczeństwa jest rozpoznawana w wyniku kontroli. 	
3	Muszą być spełnione wymagania kategorii B i musi być zapewnione stosowanie wypróbowanych zasad bezpieczeństwa. Związane z bezpieczeństwem części powinny być zaprojektowane tak, aby ... <ul style="list-style-type: none"> pojedynczy defekt w każdej z tych części nie powodował utraty funkcji bezpieczeństwa oraz aby pojedynczy defekt był rozpoznawany zawsze, gdy jest to możliwe w adekwatny sposób. 	<ul style="list-style-type: none"> W przypadku wystąpienia pojedynczego defektu funkcja bezpieczeństwa zawsze pozostaje zachowana. Rozpoznawane są niektóre, ale nie wszystkie błędy. Nagromadzenie się niewykrytych defektów może spowodować utratę funkcji bezpieczeństwa. 	Charakterystyka głównie poprzez strukturę
4	Muszą być spełnione wymagania kategorii B i musi być zapewnione stosowanie wypróbowanych zasad bezpieczeństwa. Związane z bezpieczeństwem części powinny być zaprojektowane tak, aby: <ul style="list-style-type: none"> pojedynczy defekt w każdej z tych części nie powodował utraty funkcji bezpieczeństwa oraz pojedynczy defekt był rozpoznawany przy albo przed następnym żądaniem kierowanym do funkcji bezpieczeństwa lub jeśli to niemożliwe – aby nagromadzenie się defektów nie powodowało utraty funkcji bezpieczeństwa. 	<ul style="list-style-type: none"> W przypadku wystąpienia błędów funkcja bezpieczeństwa zawsze pozostaje zachowana. Błędy są rozpoznawane odpowiednio wcześnie, co zapobiega utracie funkcji bezpieczeństwa. 	

3
d

Średni czas do niebezpiecznego uszkodzenia (MTTFd)

MTTF jest skrótem od wyrażenia „średni czas do uszkodzenia” (ang. Mean Time To Failure). Podczas rozważań zgodnie z normą ISO 13849-1 bierze się pod uwagę tylko niebezpieczne uszkodzenia („d”, w języku angielskim „dangerous” oznacza „niebezpieczny”).

Wartość ta jest parametrem teoretycznym, który podaje prawdopodobieństwo wystąpienia niebezpiecznego uszkodzenia elementu składowego (nie całego podsystemu) w okresie jego użytkowania. Rzeczywisty okres użytkowania podsystemu jest zawsze krótszy.

Wartość MTTF można wyprowadzić z częstości uszkodzeń.

Stosuje się następujące reguły:

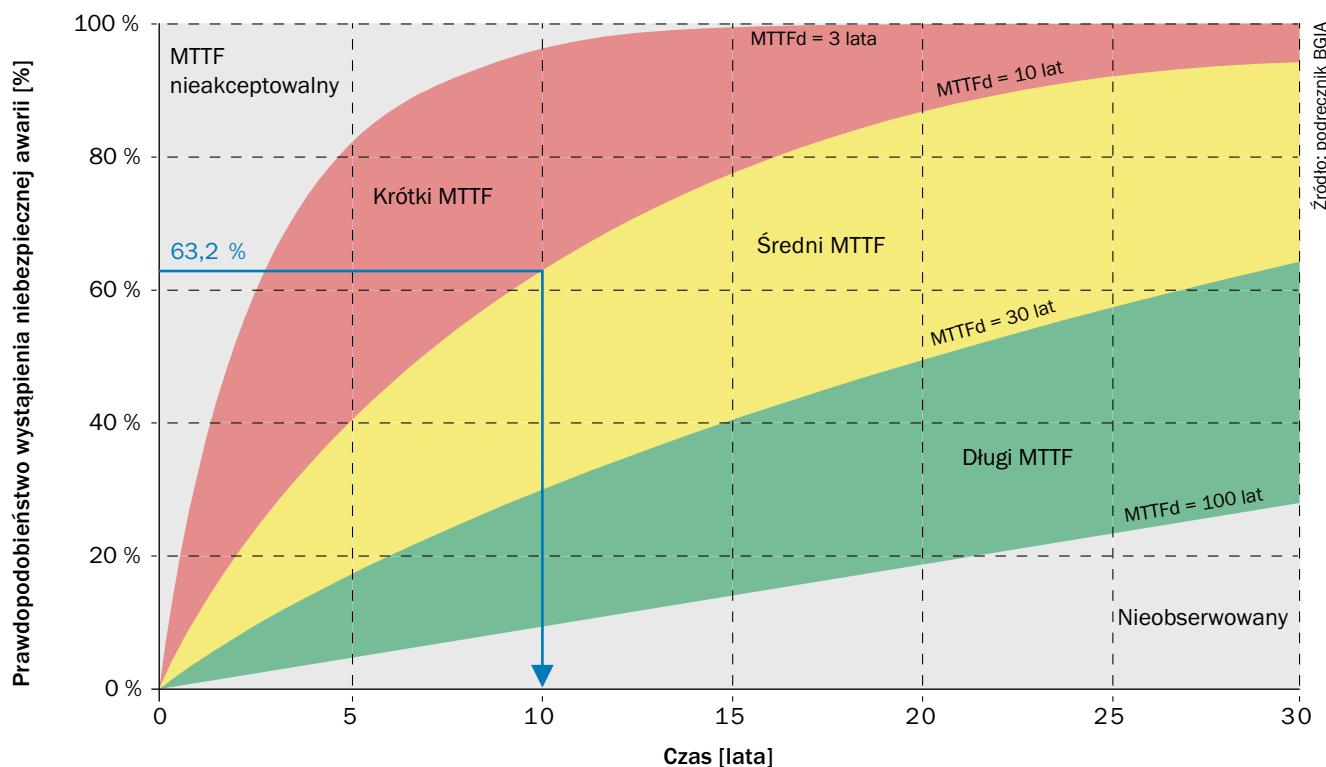
- Wartości B_{10} dla elementów elektromechanicznych lub pneumatycznych. Okres użytkowania zależy w tym przypadku od częstotliwości przełączania. B_{10} podaje liczbę cykli przełączania, po której uszkodzeniu ulega 10% elementów składowych.
- Wartość B_{10d} podaje liczbę cykli przełączania, po której niebezpiecznemu uszkodzeniu ulega 10% elementów składowych. Jeśli wartość B_{10d} nie jest dostępna, można przyjąć ogólnie następującą zależność $B_{10d} = 2 \times B_{10}$.
- W przypadku elementów elektronicznych: częstość uszkodzeń λ . Częstość uszkodzeń jest często wyrażana w jednostkach FIT (Failures In Time). Jeden FIT to jedno uszkodzenie przypadające na każde 10^9 godzin.

W normie ISO 13849-1 wartości MTTFd podzielone są na okresy:

Nazwa	Okres
Krótki	3 lata \leq MTTFd < 10 lat
Średni	10 lat \leq MTTFd < 30 lat
Długi	30 lat \leq MTTFd < 100 lat

Na podstawie danych dla elementów składowych można obliczyć średni czas do niebezpiecznego uszkodzenia w latach (MTTFd).

Aby nie przeceniać wpływu niezawodności, użyteczna wartość maksymalna MTTFd została ograniczona do 100 lat.



Pokrycie diagnostyczne (DC)

Poziom bezpieczeństwa można zwiększyć poprzez zaimplementowanie funkcji wykrywania defektów w podsystemie. Pokrycie diagnostyczne (DC – Diagnostic Coverage) jest miarą wykrywania niebezpiecznych defektów. Złe testy wykrywają jedynie nieliczne defekty, dobre testy – wiele a nawet wszystkie uszkodzenia.

Uszkodzenia spowodowane wspólną przyczyną – odporność

Wpływ zewnętrzne (np. poziom napięcia, zbyt wysoka temperatura) mogą powodować niezdolność do użytku takich samych elementów składowych, niezależnie od tego, jak rzadko ulegają uszkodzeniu lub jak dobrze są testowane. (Nawet dwoje oczu nie przeczyta gazety, gdy nagle zgaśnie światło). Należy zawsze unikać awarii spowodowanych wspólną przyczyną (CCF – Common Cause Failure).

Zamiast dokładnej analizy (FMEA) w normie ISO 13849-1 proponuje się odpowiednie środki i kwantyfikuje pokrycie diagnostyczne (DC). Także w tym przypadku istnieje podział na różne zakresy.

Nazwa	Zakres
Brak	DC < 60%
Niski	60% ≤ DC < 90%
Średni	90% ≤ DC < 99%
Wysoki	99% ≤ DC

ZAłącznik F normy ISO 13849-1 zawiera uproszoną, opartą na systemie punktowym metodę umożliwiającą ustalenie, czy podjęto wystarczające środki zapobiegające uszkodzeniom spowodowanym wspólną przyczyną. Zastosowanie odpowiednich środków oznacza określoną liczbę punktów. Osiągnięcie co najmniej 65 punktów oznacza, że zastosowane środki zapobiegające uszkodzeniom spowodowanym wspólną przyczyną można uznać za wystarczające.

Wymaganie		Wartość maksymalna	Wymaganie minimalne
Odseparowanie	Odseparowanie obwodów sygnałowych, oddzielne poprowadzenie, izolacja, odstępy powietrzne itp.	15	
Zróżnicowanie	Różne technologie, elementy składowe, sposoby działania, projekty	20	
Projekt, zastosowanie, doświadczenie	Ochrona przed przeciążeniem, przepięciem, zwiększym ciśnieniem itp. (w zależności od technologii)	15	
	Zastosowanie elementów składowych i procesów sprawdzonych przez wiele lat	5	
Analiza, ocena	Zastosowanie analizy błędów w celu uniknięcia błędów spowodowanych wspólną przyczyną	5	
Kompetencje, wykształcenie	Szkolenie projektantów w kierunku pojmowania oraz unikania przyczyn i skutków błędów spowodowanych wspólną przyczyną	5	
Wpływ środowiska	Test systemu pod kątem wpływów związanych z kompatybilnością elektromagnetyczną	25	
	Test systemu pod kątem takich wpływów, jak temperatura, wstrząsy, drgania itp.	10	

**Wartość całkowita
≥ 65**

Proces

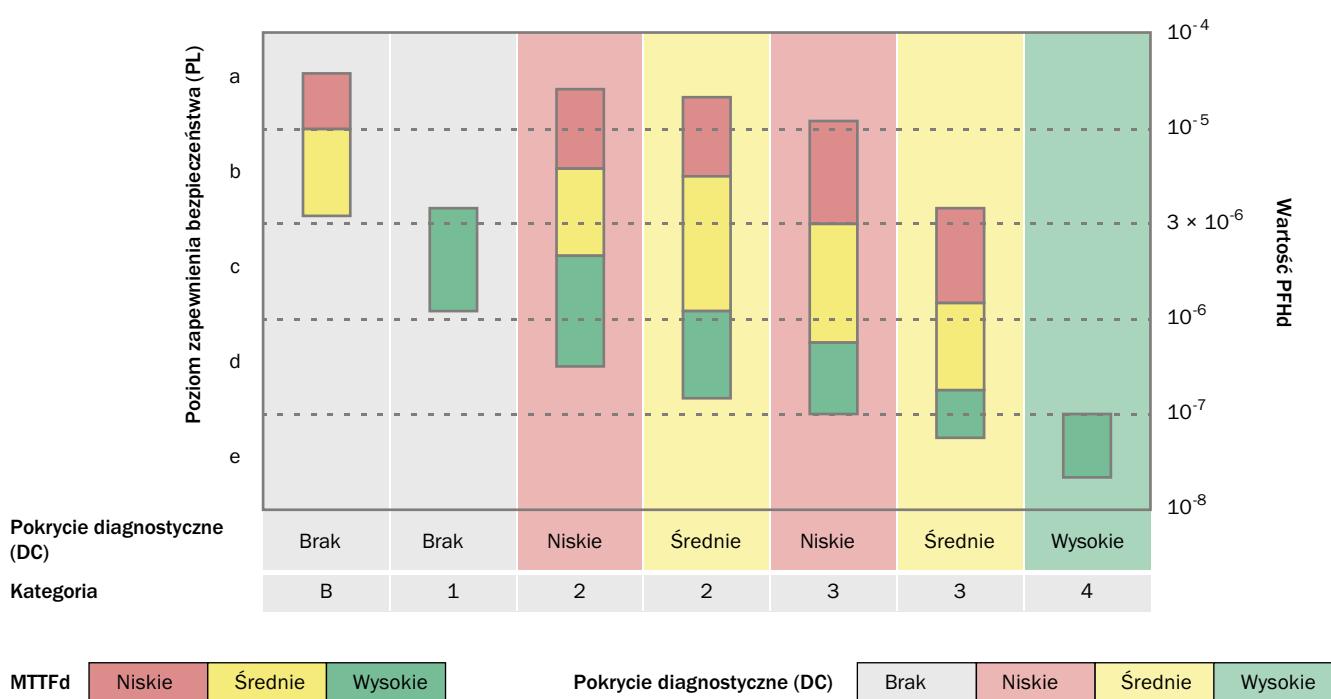
W celu stwierdzenia, czy powyższe aspekty zostały prawidłowo zastosowane w sprzęcie i oprogramowaniu, wystarczająco przetestowane (zasada czterech oczu) oraz czy pełna dokumentacja pozwala wyciągnąć wnioski dotyczące wersji i stanu zmian, należy uwzględnić różne działania pomocnicze podane w normie.

Proces prawidłowego przetransponowania tematów istotnych dla bezpieczeństwa jest zadaniem kierownictwa oraz sektora zarządzającego i obejmuje odpowiednie zarządzanie jakością.

**3
d**

Określanie poziomu zapewnienia bezpieczeństwa (PL) podsystemu

Na rysunku przedstawiono zależność pomiędzy wartością MTTFd (dla każdego kanału), DC oraz kategorią.



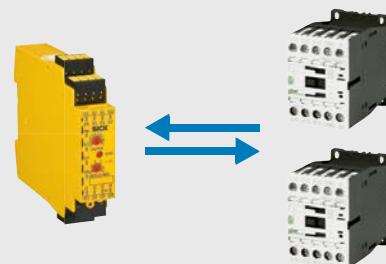
Poziom zapewnienia bezpieczeństwa „d” można zrealizować np. za pomocą dwukanałowego układu sterowania (kategoria 3). Można to uzyskać za pomocą elementu o dobrej jakości (MTTFd = średni), gdy rozpoznawane są prawie wszystkie defekty (DC = średni), lub za pomocą elementu o bardzo dobrej jakości (MTTFd = długi), gdy rozpoznawana jest mała liczba defektów (DC = niski).

Za takim sposobem postępowania kryje się skomplikowany model matematyczny, którego użytkownik nie zauważa. W celu zapewnienia pragmatycznego podejścia zdefiniowane zostały parametry kategorii, MTTFd oraz DC.

Przykład: określanie poziomu zapewnienia bezpieczeństwa (PL) podsystemu „element wykonawczy”**1). Definicja podsystemu „element wykonawczy”**

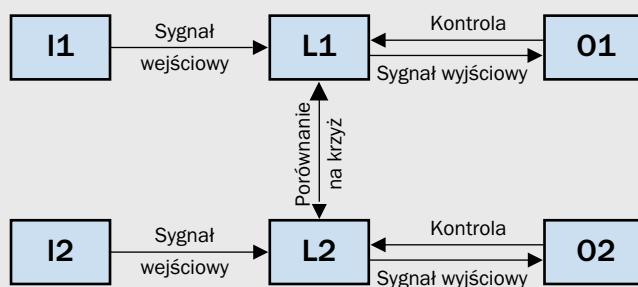
Podsystem „element wykonawczy” składa się z dwóch styczników ze „sprzężeniem zwrotnym”. Ponieważ zestyki stycznika są mechanicznie połączone, usterki styczników związane z bezpieczeństwem mogą być wykryte (EDM).

Sam moduł logiczny UE410 nie należy do podsystemu „element wykonawczy”, ale jest wykorzystywany do celów diagnostycznych.

**2). Określenie kategorii**

Bezpieczeństwo przy defekcie pojedynczym (z wykryciem defektu) powoduje że wyposażenie jest **odpowiednie dla kategorii 3 lub 4**.

Wskazówka: Ostateczne określenie kategorii następuje po wyznaczeniu wartości DC.

**3). Określenie MTTFd dla każdego kanału**

Styczniki są elementami podlegającymi zużyciu, dlatego za pomocą wartości B_{10d} i szacowanej częstotliwości przełączania (nop) należy wyznaczyć MTTFd. Wykorzystuje się wzór podany obok:

Na częstotliwość przełączania składają się roboczogódziny/dzień [hop], dni robocze/rok [dop] oraz częstotliwość przełączania na godzinę [C]:

Warunki brzegowe wg producenta:

- $B_{10d} = 2600000$
- $C = 1/h$ (założenie)
- $d_{op} = 220 \text{ d/a}$
- $h_{op} = 16 \text{ h/d}$

Przy takich warunkach brzegowych **MTTFd wynosi 7386 lat** na każdy kanał, co interpretuje się jako okres „dług”.

$$\text{MTTFd} = \frac{B_{10d}}{0,1 \times n_{op}}$$

$$\text{MTTFd} = \frac{B_{10d}}{0,1 \times d_{op} \times h_{op} \times C}$$

MTTFd	Okres
Krótki	3 lata \leq MTTFd $<$ 10 lat
Średni	10 lat \leq MTTFd $<$ 30 lat
Długi	30 lat \leq MTTFd $<$ 100 lat

4). Określenie DC

Ze względu na styki z prowadzeniem wymuszonym można wyprowadzić **wyższy DC (99%)** na podstawie tabeli podanej w normie EN ISO 13849-1.

DC	Zakres
Brak	DC $<$ 60%
Niski	60% \leq DC $<$ 90%
Średni	90% \leq DC $<$ 99%
Wysoki	99% \leq DC

Przykład: określanie poziomu zapewnienia bezpieczeństwa (PL) podsystemu „element wykonawczy”

5). Ocena środków pozwalających uniknąć awarii spowodowanych wspólną przyczyną

W systemach wielokanałowych stosuje się środki pozwalające uniknąć efektów mających wspólną przyczynę. Na podstawie oceny środków uzyskuje się liczbę punktów wynoszącą 75. Tym samym spełnione jest wymaganie minimalne.

Wymaganie	Wartość	Wymaganie minimalne
Odseparowanie	15	
Zróżnicowanie	20	
Projekt, zastosowanie, doświadczenie	20	
Analiza, ocena	5	
Kompetencje/wykształcenie	5	
Wpływ środowiska	35	
	75	
		Wartość całkowita $75 \geq 65$

6). Ocena środków procesowych

Analogicznie należy uwzględnić aspekty systematyczne przy unikaniu i usuwaniu błędów, na przykład:

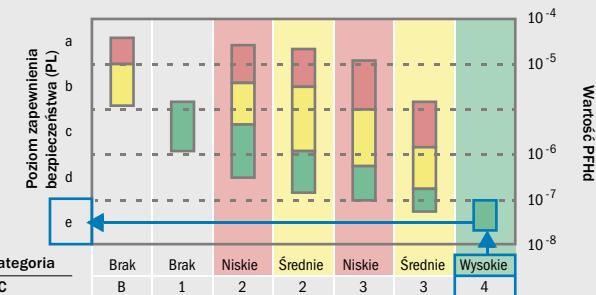
- organizację i kompetencję
- zasady projektowania (np. wzory specyfikacji, wytyczne dotyczące programowania)
- koncepcję kontroli i jej kryteria
- dokumentację i zarządzanie konfiguracją



7). Wynik

Na podstawie ilustracji przedstawiającej określanie poziomu zapewnienia bezpieczeństwa (PL) dla podsystemu (→ 3-86) można określić poziom zapewnienia bezpieczeństwa (PL) dla danego podsystemu. W tym przypadku uzyskuje się PL „e”.

Odpowiednią wartość PFHd wynoszącą $2,47 \times 10^{-8}$ dla danego podsystemu można odczytać ze szczególnych tabel podanych w normie ISO 13849-1. Z powodu wysokiego DC wynika, że struktura dwukanałowa spełnia wymagania kategorii 4.



→ Na podstawie uzyskanych danych dla podsystemu można określić uzyskany poziom zapewnienia bezpieczeństwa (PL) dla całej funkcji bezpieczeństwa (patrz „Określenie uzyskanego poziomu zapewnienia bezpieczeństwa (PL) wg ISO 13849-1” → 3-86).

Alternatywnie: określenie uzyskanego poziomu nienaruszalności bezpieczeństwa (SIL) wg IEC 62061

Uzyskany poziom nienaruszalności bezpieczeństwa (SIL) określa się na podstawie następujących kryteriów:

- nienaruszalność bezpieczeństwa sprzętu
 - ograniczenia strukturalne (SILCL)
 - prawdopodobieństwo wystąpienia niebezpiecznych uszkodzeń sprzętu (PFHd)
- wymagania dot. systematycznej nienaruszalności bezpieczeństwa
 - unikanie uszkodzeń
 - zarządzanie defektami systematycznymi

W tym przypadku – podobnie jak w normie ISO 13849-1 – funkcja bezpieczeństwa jest najpierw rozkładana na bloki funkcyjne, a następnie przenoszona na podsystem.

3
d

Nienaruszalność bezpieczeństwa sprzętu

Przy rozpatrywaniu bezpieczeństwa całej funkcji ochrony nienaruszalność bezpieczeństwa sprzętu jest określana przez to, że ...

- najwyższy SILCL podsystemu ogranicza maksymalny możliwy do uzyskania SIL całego systemu.
- PFHd całego układu sterowania wynikające z sumy pojedynczych PFHd nie przekracza wartości podanych na rys. „Weryfikacja bezpieczeństwa funkcjonalnego” → 3-99.

Przykład

Wszystkie podsystemy na przedstawionym wyżej rysunku spełniają wymagania SILCL3. W procesie dodawania wartości PFHd uzyskuje się wynik mniejszy niż 1×10^{-7} . Zostały zastosowane istotne środki dla systematycznej nienaruszalności bezpieczeństwa. W związku z tym funkcja bezpieczeństwa spełnia wymagania SIL3.

Systematyczna nienaruszalność bezpieczeństwa

W przypadku łączenia ze sobą różnych podsystemów w jeden układ sterowania, należy podjąć dodatkowe środki w zakresie systematycznej nienaruszalności bezpieczeństwa.

Do środków umożliwiających unikanie systematycznych defektów sprzętowych należą m. in.

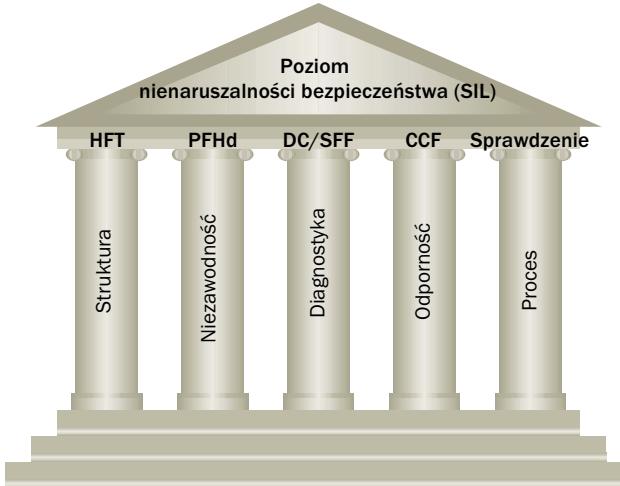
- projekt zgodnie z planem bezpieczeństwa
- funkcjonalnego
- prawidłowy wybór, połączenie, rozmieszczenie, montaż i instalacja podsystemów, włącznie z okablowaniem i wykonaniem innych połączeń
- zastosowanie zgodnie ze specyfikacją producenta
- przestrzeganie podanych przez producenta zaleceń dotyczących zastosowania, np. danych katalogowych, instrukcji dotyczących instalacji oraz stosowanie sprawdzonych w praktyce zasad konstrukcyjnych
- uwzględnienie wymagań dotyczących wyposażenia elektrycznego wg IEC 60204-1

Ponadto należy uwzględnić zarządzanie defektami systematycznymi, np.

- stosowanie wyłączenia dopływu energii w celu uzyskania bezpiecznego stanu
- środki pozwalające na usuwanie skutków defektów i innych efektów, będących pochodnymi stosowanego procesu wymiany danych, włącznie z defektami transmisji, powtórzeniami, utratą, wstawieniem, nieprawidłową kolejnością, zafałszowaniem, opóźnieniem itp.

Określenie poziomu bezpieczeństwa podsystemu wg IEC 62061

Również w normie IEC 62061 możliwe jest określenie poziomu zapewnienia bezpieczeństwa podsystemów składających się z połączonych ze sobą elementów składowych.



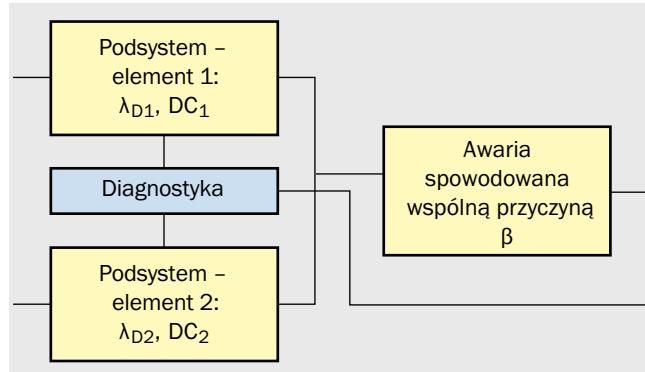
Na uzyskany poziom nienaruszalności bezpieczeństwa (SIL) dla podsystemu składają się następujące parametry:

- tolerancja sprzętu na defekty (HFT)
- wartość PFHd
- Wskaźnik uszkodzeń bezpiecznych (SFF)
- uszkodzenia spowodowane wspólną przyczyną (CCF)
- istotne dla bezpieczeństwa aspekty oprogramowania
- uszkodzenia systematyczne

tolerancja sprzętu na defekty (HFT)

W normie IEC 62061 struktura określona jest za pomocą typów podsystemów i tolerancji na defekty sprzętowe (HFT).

HFT 0 oznacza, że pojawienie się jednego defektu sprzętowego powoduje utratę funkcji bezpieczeństwa (systemy jednokanałowe). HFT 1 oznacza, że mimo pojawienia się pojedynczego defektu sprzętowego działanie ochronne zostaje zachowane (systemy dwukanałowe).



Prawdopodobieństwo wystąpienia niebezpiecznych uszkodzeń sprzętu (PFHd)

Oprócz ograniczeń strukturalnych, dla każdego podsystemu należy też uwzględnić „prawdopodobieństwo wystąpienia niebezpiecznych uszkodzeń sprzętu”. W oparciu o model matematyczny dla każdego typu podsystemu istnieje wzór do wyznaczania wartości PFHd z następującymi parametrami stosowanymi do obliczeń:

- pokrycie diagnostyczne
- okres użytkowania
- częstotliwość testów diagnostycznych
- częstość uszkodzeń elementów składowych (λ_D)
- uszkodzenia spowodowane wspólną przyczyną (współczynnik Common Cause β)

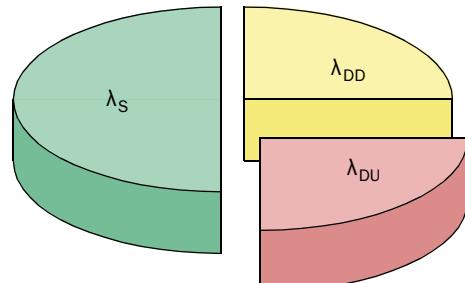
$$HFT = 1$$

Diagnostyka za pomocą DC₁ i DC₂

$$PFHd = (1 - \beta)^2 \times \left\{ \frac{\lambda_{D1} \times \lambda_{D2} \times (DC_1 + DC_2) \times T_D}{2} + \frac{\lambda_{D1} \times \lambda_{D2} \times (2 - DC_1 - DC_2) \times T_P}{2} + \beta \times \frac{\lambda_{D1} + \lambda_{D2}}{2} \right\}$$

$$PFHd \approx \beta \times \frac{\lambda_{D1} + \lambda_{D2}}{2}$$

Wskaźnik uszkodzeń bezpiecznych (DC/SFF)



„Wskaźnik uszkodzeń bezpiecznych”, SFF (safe failure fraction), uzyskuje się na podstawie pokrycia diagnostycznego DC ($\lambda_{DD} / \lambda_{DU}$) oraz wskaźnika „uszkodzeń bezpiecznych” (λ_S).

$$SFF = \frac{\sum \lambda_S + \sum \lambda_{DD}}{\sum \lambda_S + \sum \lambda_D}$$

Uszkodzenia spowodowane wspólną przyczyną (CCF) – odporność

Również norma IEC 62061 wymaga szeregu rozwań dotyczących odporności na uszkodzenia spowodowane wspólną przyczyną. W zależności od liczby pozytywnych zastosowań uzyskuje się współczynnik wspólnych przyczyn (common cause) (β).

Wymaganie		Wartość maksymalna
Odseparowanie	Odseparowanie obwodów sygnałowych, oddzielne poprowadzenie, izolacja, odstępy powietrzne itp.	15
Zróżnicowanie	Różne technologie, elementy składowe, sposoby działania, projekty	20
Projekt, zastosowanie, doświadczenie	Ochrona przed przeciążeniem, przeięciem, zwiększonym ciśnieniem itp. (w zależności od technologii)	15
	Zastosowanie elementów składowych i procesów sprawdzonych przez wiele lat	5
Analiza, ocena	Zastosowanie analizy defektów w celu uniknięcia defektów spowodowanych wspólną przyczyną	5
Kompetencje, wykształcenie	Szkolenie projektantów w kierunku pojmowania oraz unikania przyczyn i skutków defektów spowodowanych wspólną przyczyną	5
Wpływowe środowiska	Test systemu pod kątem wpływów związanych z kompatybilnością elektromagnetyczną	25
	Test systemu pod kątem wpływów, takich jak temperatura, wstrząsy, drgania itp.	10

Wartość	Współczynnik CCF (β)
≤ 35	10%
od 36 do 65	5%
od 66 do 85	2%
od 86 do 100	1%

Proces

Ze względu na silne ukierunkowanie normy IEC 62061 na programowalne układy elektryczne, znajduje się w niej, oprócz aspektów opisanych wyżej (model V, zarządzanie jakością itp.), także wiele szczegółowych wskazówek i wymagań dotyczących prawidłowego postępowania podczas tworzenia oprogramowania dla systemów związanych z bezpieczeństwem.

Wynik – określenie poziomu nienaruszalności bezpieczeństwa (SIL) dla podsystemu

Dla każdego podsystemu oddzielnie określa się najpierw nienaruszalność bezpieczeństwa sprzętu.

Jeśli sprawa dotyczy zaprojektowanych już podsystemów – jak ma to np. miejsce w przypadku kurtyn świetlnych bezpieczeństwa – to producent dostarcza odpowiednie parametry w ramach swojej specyfikacji technicznej. Taki podsystem jest z reguły wystarczająco opisany poprzez podanie SILCL, PFHd oraz okresu użytkowania.

Natomiast dla podsystemów składających się z elementów podsystemu, np. urządzenia blokujące do drzwi ochronnych lub styczniki, należy określić nienaruszalność bezpieczeństwa.

Granica osiągalności SIL (SILCL: SIL claim limit)

Po zdefiniowaniu tolerancji na błędy sprzętowe (architektura) można określić maksymalny możliwy do uzyskania SIL (granicę osiągalności SIL) dla podsystemu.

Wskaźnik uszkodzeń bezpiecznych (SFF)	Tolerancja sprzętu na defekty	
	0	1
< 60%	–	SIL1
od 60 do < 90%	SIL1	SIL2
od 90 do < 99%	SIL2	SIL3
≥ 99%	SIL3	SIL3

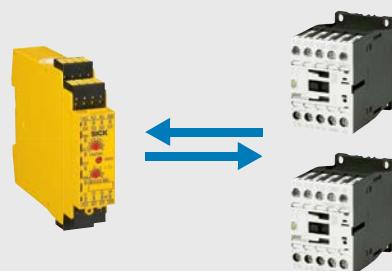
Dwukanałowy system z HFT1 przy SFF wynoszącym 90% może osiągnąć SILCL3.

Przykład: określanie SILCL i PFHd podsystemu „element wykonawczy”

1). Definicja podsystemu „element wykonawczy”

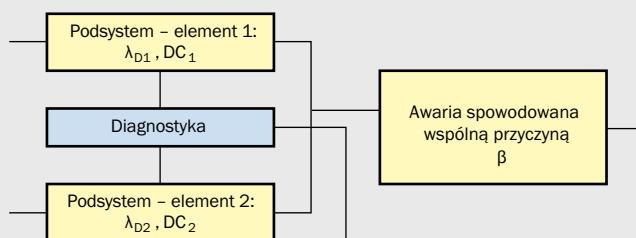
Podejście „element wykonawczy” składa się z dwóch styczników ze „sprzężeniem zwrotnym”. Ponieważ zestyki są mechanicznie połączone, usterki styczników związane z bezpieczeństwem mogą być wykryte (EDM).

Sam moduł logiczny UE410 nie należy do podsystemu „element wykonawczy”, ale jest wykorzystywany do celów diagnostycznych.



2). Określenie tolerancji na defekty sprzętowe (HFT)

Bezpieczeństwo przy defekcie pojedynczym (z wykryciem defektu) powoduje że uzyskuje się tolerancję sprzętu na defekty HFT = 1.



3). Określenie PFHd

a) na podstawie współczynnika defektów λ_D

Styczniki są elementami podlegającymi zużyciu, dlatego za pomocą wartości B_{10d} i szacowanej częstotliwości przełączania należy wyznaczyć częstotliwość przełączania na godzinę [C].

Norma IEC 62061 nie zawiera informacji dotyczących zachowania elementów mechanicznych. Z tego powodu współczynnik defektów λ_D jest obliczany w oparciu o normę ISO 13849-1. Przyjmuje się, że współczynnik defektów w okresie użytkowania pozostaje stały.

Warunki brzegowe wg producenta:

- $B_{10d} = 2600000$
- $C = 1/h$ (założenie)

Przy takich warunkach brzegowych wartość λ_D wynosi wówczas $3,8 \times 10^{-8} 1/h$.

b) na podstawie współczynnika CCF (β)

W systemach wielokanałowych konieczne jest zastosowanie środków pozwalających uniknąć efektów mających wspólne przyczyny. Wpływ określa się w oparciu o środki zgodnie z danymi przedstawionymi w normie IEC 62061. W tym przykładzie współczynnik β wynosi 5% (patrz niżej: „5). Ocena środków pozwalających uniknąć defektów spowodowanych wspólną przyczyną”

$$PFHd \approx 1,9 \times 10^{-9}$$

$$\lambda_D = \frac{1}{MTTF_d} = \frac{0,1 \times C}{B_{10d}}$$

Wartość	Współczynnik CCF (β)
≤ 35	10%
od 36 do 65	5%
od 66 do 85	2%
od 86 do 100	1%

$$PFHd \approx \beta \times (\lambda_{D1} + \lambda_{D2}) \times \frac{1}{2}$$

$$\approx \beta \times \lambda_D$$

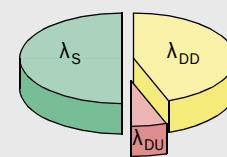
$$\approx 0,05 \times 0,1 \times \frac{C}{B_{10d}}$$

$$PFHd \approx 1,9 \times 10^{-9}$$

Przykład: określanie SILCL i PFHd podsystemu „element wykonawczy”**4). Określenie SFF poprzez DC**

Ze względu na wymuszone prowadzenie styków wyprowadza się „wyższy” DC (99%). Oznacza to, że z 70% niebezpiecznych defektów λ_D styczników rozpoznawanych jest 99%. W konsekwencji SFF = 30% + 69.3% = 99.3%.

$$\text{DC} = 99\% \\ \text{SFF} = 99.3\%$$

**5). Ocena środków pozwalających uniknąć defektów spowodowanych wspólną przyczyną**

W systemach wielokanałowych konieczne jest zastosowanie środków pozwalających uniknąć efektów mających wspólną przyczynę. Na podstawie oceny środków zgodnie z normą IEC 62061 uzyskuje się w tym przykładzie współczynnik CCF (β) wynoszący 5%.

Wartość	Współczynnik CCF (β)
≤ 35	10%
od 36 do 65	5%
od 66 do 85	2%
od 86 do 100	1%

6). Ocena środków procesowych

Analogicznie należy uwzględnić aspekty systematyczne przy unikaniu i usuwaniu defektów, na przykład:

- organizację i kompetencję
- zasady projektowania (np. wzory specyfikacji, wytyczne dotyczące programowania)
- koncepcję kontroli i jej kryteria
- dokumentację i zarządzanie konfiguracją

**Wynik**

Na ostatnim etapie należy uwzględnić ograniczenia strukturalne. Ze względu na istniejącą redundancję (tolerancja sprzętu na defekty 1) oraz na SFF > 99% uzyskuje się dla danego podsystemu granicę osiągalności SIL (SIL claim limit) SILCL3.

Wskaźnik uszkodzeń bezpiecznych (SFF)	Tolerancja sprzętu na defekty	
	0	1
< 60%	-	SIL1
od 60 do < 90%	SIL1	SIL2
od 90 do < 99%	SIL2	SIL3
$\geq 99\%$	SIL3	SIL3

$$\text{PFHd} \approx 1.9 \times 10^{-9}$$

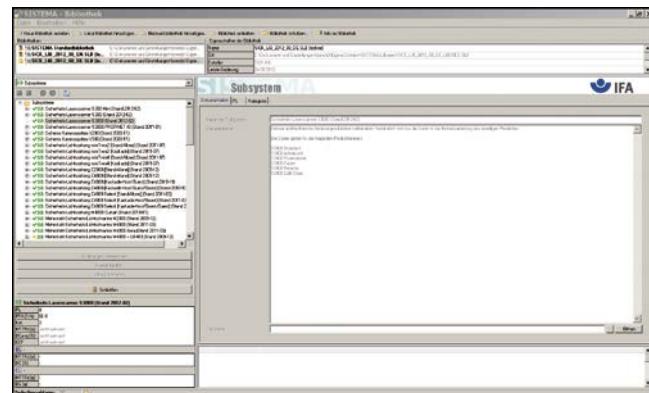
3
d

- Na podstawie uzyskanych danych SILCL i wartości PFHd dla podsystemu można określić uzyskany poziom nienaruszalności bezpieczeństwa (SIL) dla całej funkcji bezpieczeństwa zgodnie z podanym wyżej opisem (patrz „Nienaruszalność bezpieczeństwa sprzętu” → 3-95).

Pomoc i wsparcie

Opisane metody weryfikacji wymagają wiedzy i doświadczenia w postępowaniu z poziomem zapewnienia bezpieczeństwa (PL) i poziomem nienaruszalności bezpieczeństwa (SIL). Firma SICK oferuje związane z tym usługi (→ „Pomoc i wsparcie od firmy SICK” → i-1). Odpowiednie narzędzie programowe może Państwu pomóc w systematycznym sposobie postępowania. Efektywną metodę obliczania poziomu zapewnienia bezpieczeństwa (PL) oferuje asystent oprogramowania SISTEMA, opracowanego przez instytut IFA i udostępnianego bezpłatnie. Firma SICK oferuje do niego bibliotekę certyfikowanych elementów zabezpieczających.

Ponadto nasze seminaria oferują Państwu praktyczną wiedzę, możliwą do wykorzystania w codziennej pracy.



→ Wskazówki dotyczące SISTEMA i informacje o szkoleniach znajdują się pod adresem: www.sick-safetyplus.com

Podsumowanie: Weryfikacja funkcji bezpieczeństwa

3
d

Informacje podstawowe

- Należy zweryfikować, czy planowane funkcje bezpieczeństwa spełniają wymagania odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa. W tym celu należy zweryfikować bezpieczeństwo mechaniczne i funkcjonalne.

Metody

- Określenie uzyskanego poziomu bezpieczeństwa wg ISO 13849-1 (PL). Dostępne metody:
 - procedura uproszczona (w oparciu o PL)
 - procedura szczegółowa (w oparciu o wartości PFHd)
- Jeśli dla podsystemu (np. dla elementu wykonawczego) nie jest znany PL lub wartość PFHd, to na podstawie takich parametrów jak struktura, niezawodność, diagnostyka, odporność i proces należy określić poziom bezpieczeństwa danego podsystemu.
- Alternatywnie należy określić uzyskany poziom bezpieczeństwa wg IEC 62061 (SIL). Również w tym przypadku istnieje możliwość samodzielnego określenia poziomu bezpieczeństwa dla podsystemu nieposiadającego certyfikatu.

Pomoc

- Zachęcamy do skorzystania z zalecanych narzędzi i pomocy doradców.

Krok 3e. Walidacja wszystkich funkcji bezpieczeństwa



Walidacja to sprawdzenie tezy, planu lub rozwiązania w odniesieniu do rozwiązywanego problemu. W przeciwnieństwie do weryfikacji – podczas której oceniana jest tylko prawidłowa realizacja

rozwiązania zgodnie ze specyfikacją – walidacja jest końcową oceną tego, czy dane rozwiązanie ogólnie rzecz biorąc nadaje się do koniecznego zmniejszenia ryzyka.



Celem procesu walidacji jest sprawdzenie specyfikacji i zgodności projektu elementów składowych funkcji bezpieczeństwa w maszynie.

Walidacja musi wykazać, że związane z bezpieczeństwem elementy funkcji sterujących spełniają wymagania nomy ISO 13849-2, szczególnie w przypadku wymagań dla określonego poziomu bezpieczeństwa.

O ile jest to wskazane, walidację powinny wykonywać osoby, które nie uczestniczyły w procesie projektowania części układów sterowania związanych z bezpieczeństwem.

Ważne jest, aby w procesie walidacji sprawdzić błędy, a w szczególności elementy pominięte w sformułowanej specyfikacji.

Krytycznym elementem projektowania istotnych dla bezpieczeństwa funkcji sterujących jest z reguły specyfikacja.

Przykład: dostęp do kabiny pojazdu w stanie surowym powinien być zabezpieczony za pomocą kurtyny świetlnej.

W związku z tym specyfikacja funkcji bezpieczeństwa wygląda następująco:

„W przypadku przerwania pola ochronnego kurtyny świetlnej wszystkie niebezpieczne ruchy muszą być zatrzymane najszybciej jak to możliwe”.

Konstruktor musi ponadto uwzględnić także ponowne uruchomienie w przypadku zwolnienia się pola ochronnego, szczególnie pola ochronnego, które można ominąć. Proces walidacji musi obejmować tego typu aspekty.

W ramach procesu walidacji stosuje się z reguły kilka procedur, które wzajemnie się uzupełniają.

Zalicza się do nich:

- techniczną kontrolę pozycjonowania i skuteczności urządzeń ochronnych;
- praktyczną kontrolę reakcji na defekty pod kątem oczekiwanych wyników w procesie symulacji;
- walidację wymagań związanych z otoczeniem poprzez testy działania:
 - odpowiednia ochrona przed wpływami środowiska, takimi jak temperatura, wilgotność, wstrąsy, drgania itp.;
 - odpowiednia odporność na zakłócenia powodowane przez wpływy elektromagnetyczne .

Krok 4. Informacja dla użytkownika dotycząca ryzyka resztkowego

Jeżeli zastosowanie konstrukcji bezpiecznej oraz technicznych środków ochronnych nie dostarcza wymaganej redukcji ryzyka, użytkownik powinien otrzymać dodatkowe ostrzeżenie odnośnie istniejącego ryzyka resztkowego oraz informację konieczności podjęcia dalszych środków ochronnych (w szczególności środków ochrony indywidualnej).

Do informacji dla użytkownika dotyczących ryzyka resztkowego należą np.:

- akustyczne i optyczne urządzenia ostrzegawcze;
- informacje i ostrzeżenia na maszynie;
- ostrzeżenia w instrukcji eksploatacji;
- instrukcje robocze, wymagania dotyczące kwalifikacji lub praktyki użytkowników
- instrukcje dotyczące stosowania środków ochrony indywidualnej

Informacje dla użytkownika nie mogą zastępować innych środków!

→ Bezpieczeństwo maszyn – Ogólne zasady projektowania – Ocena ryzyka i zmniejszanie ryzyka Norma A: ISO 12100



Akustyczne i optyczne urządzenia ostrzegawcze

Jeśli praca maszyny nie jest nadzorowana, maszyna musi być wyposażona w urządzenia ostrzegawcze, sygnalizujące zagrożenia i zakłócenia działania. Urządzenia ostrzegawcze muszą być jednoznaczne do zinterpretowania, łatwo widoczne i możliwe do skontrolowania przez personel obsługowy pod kątem stałej gotowości do pracy. Jeśli w dalszym ciągu występują ryzyka resztkowe, producent musi o nich poinformować.



Informacje i ostrzeżenia na maszynie

Zalecane jest, aby informacje i ostrzeżenia na maszynie występowały w formie symboli lub piktogramów. Muszą one być sporządzone w języku urzędowym kraju, w którym maszyna zostanie wprowadzona do obrotu. Możliwe są dodatkowe ostrzeżenia w innych językach urzędowych. Informacje istotne dla bezpieczeństwa muszą być sformułowane jednoznacznie, krótko, precyzyjnie i w sposób łatwo zrozumiały. Interaktywne środki komunikacji muszą być łatwo zrozumiałe i cechować się intuicyjną obsługą.

4

Ostrzeżenia i zasady bezpieczeństwa w instrukcji eksploatacji

Instrukcja obsługi musi zawierać wszystkie informacje o maszynie istotne dla bezpieczeństwa, a w szczególności:

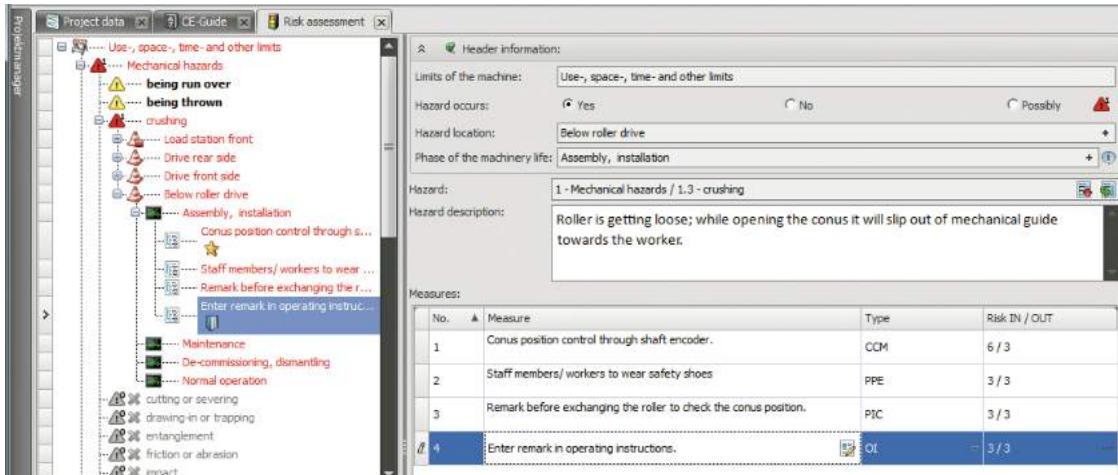
- ostrzeżenia dotyczące występującego w praktyce niewłaściwego użycia maszyny;
- wskazówki dotyczące uruchomienia, eksploatacji maszyny oraz wymaganych kwalifikacji lub praktyki personelu obsługowego;
- informacje na temat ryzyka resztkowego, którego nie można wyeliminować pomimo zastosowania środków integracji bezpieczeństwa w fazie konstrukcji, urządzeń ochronnych oraz uzupełniających środków ochronnych;
- instrukcje dla użytkownika dotyczące koniecznych środków ochronnych i wymaganych środków ochrony indywidualnej;



- warunki spełnienia wymagań w zakresie stabilności w różnych fazach eksploatacji maszyny;
- zasady bezpieczeństwa dotyczące transportu, obsługi i magazynowania;
- instrukcje dotyczące wymaganego postępowania w razie wypadków oraz w celu bezpiecznego usuwania usterek;
- instrukcje dotyczące bezpiecznego wykonywania prac nastawczych i konserwacyjnych oraz wymagane w tym celu środki ochronne;
- specyfikację dopuszczonych części zamiennych, które mogą mieć wpływ na bezpieczeństwo i zdrowie personelu obsługowego.

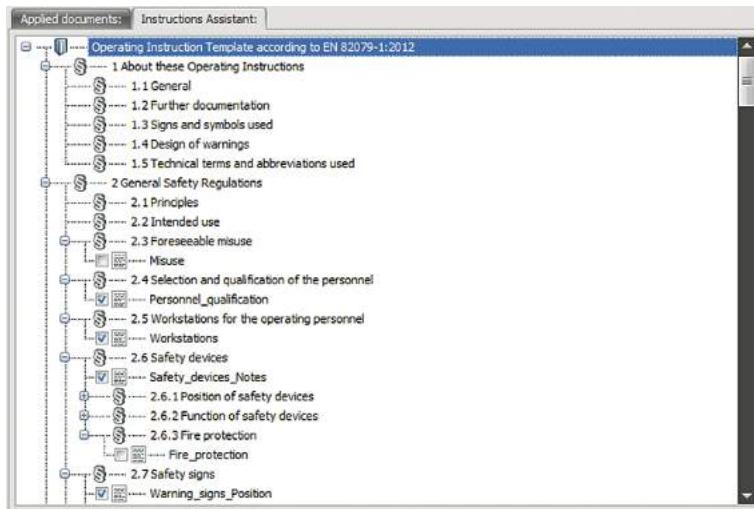
Sporządzenie dokumentacji za pomocą oprogramowania Safexpert®

Za pomocą oprogramowania Safexpert® (→ strona 1-5) można spełnić również wymagania dotyczące dokumentacji technicznej. Tym samym użytkownik może zintegrować np. wskazówki dla użytkownika w zakresie oceny ryzyka bezpośrednio w instrukcji eksploatacji.



The screenshot shows the 'Risk assessment' tab of the Safexpert software. On the left, a tree view lists various hazard categories such as 'Mechanical hazards', 'being run over', 'being thrown', 'crushing', and 'Below roller drive'. A specific hazard under 'Below roller drive' is selected, showing its details in the main pane. The 'Header information' section includes fields for 'Limits of the machine', 'Hazard occurs', 'Hazard location', 'Phase of the machinery life', 'Hazard', and 'Hazard description'. The 'Measures' section lists four measures with their types and risk levels:

No.	Measure	Type	Risk IN / OUT
1	Conus position control through shaft encoder.	CCM	6 / 3
2	Staff members/ workers to wear safety shoes	PPE	3 / 3
3	Remark before exchanging the roller to check the conus position.	PIC	3 / 3
4	Enter remark in operating instructions.	OL	3 / 3



The screenshot shows the 'Applied documents' section titled 'Operating Instruction Template according to EN 82079-1:2012'. It displays a hierarchical tree of document sections, including:

- 1 About these Operating Instructions
 - 1.1 General
 - 1.2 Further documentation
 - 1.3 Signs and symbols used
 - 1.4 Design of warnings
 - 1.5 Technical terms and abbreviations used
- 2 General Safety Regulations
 - 2.1 Principles
 - 2.2 Intended use
 - 2.3 Foreseeable misuse
 - Misuse
 - 2.4 Selection and qualification of the personnel
 - Personnel_qualification
 - 2.5 Workstations for the operating personnel
 - Workstations
 - Workstations
 - 2.6 Safety devices
 - Safety_devices_Notes
 - 2.6.1 Position of safety devices
 - 2.6.2 Function of safety devices
 - 2.6.3 Fire protection
 - Fire_protection
 - 2.7 Safety signs
 - Warning_signs_Position

Asystent instrukcji eksploatacji Safexpert®

Podsumowanie kroków 2, 3 i 4. Zmniejszanie ryzyka

Informacje podstawowe

W celu zmniejszenia ryzyka związanego z analizowanym zagrożeniem należy postępować zgodnie z metodą trójstopniową:

1. Zaprojektować maszynę tak, aby w maksymalnym możliwym stopniu wyeliminować zagrożenie.
2. Zdefiniować, zaprojektować i sprawdzić niezbędne środki ochronne.
3. Poinformować o pozostałych ryzykach resztkowych. Określić, w jaki sposób pozostałe ryzyka resztkowe mogą zostać zredukowane i przekazać tę informację użytkownikowi.

Techniczne środki ochronne

- W kwestii bezpieczeństwa funkcjonalnego pomocą są alternatywnie dwie normy: ISO 13849-1 (PL) lub IEC 62061 (SIL).
- Zdefiniować funkcje bezpieczeństwa i dla każdej z nich określić konieczny poziom bezpieczeństwa.
- Opracować koncepcję bezpieczeństwa. Podjąć decyzję dotyczącą najskuteczniejszych urządzeń ochronnych oraz ich montażu i integracji w układzie sterowania.
- Upewnić się, czy środki ochronne zostały skutecznie zastosowane i czy osiągnięto dany poziom bezpieczeństwa.

Krok 5. Walidacja całościowa

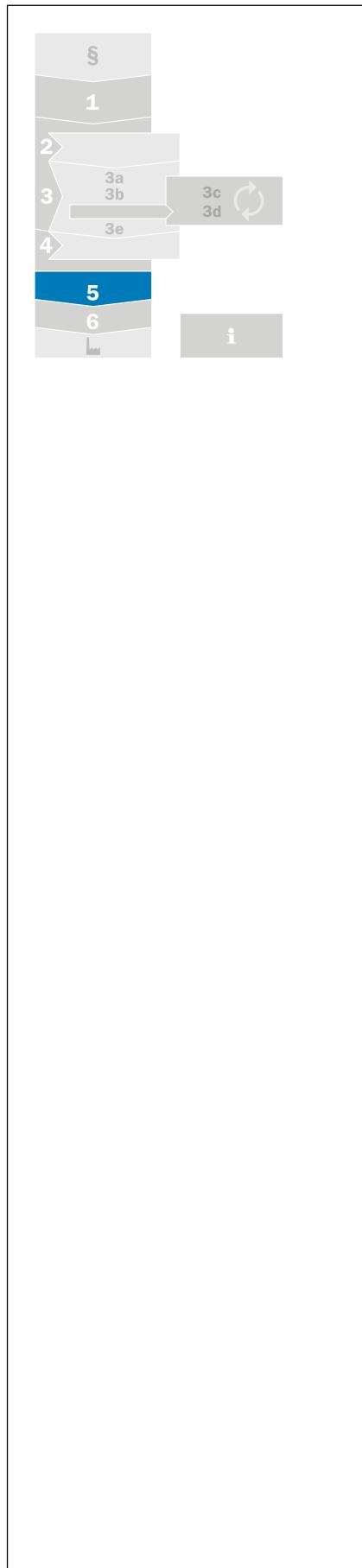
Bezpieczeństwo funkcjonalne stanowi jedynie część procesu zmniejszania ryzyka, dlatego w ramach walidacji całościowej konieczna jest ocena wszystkich środków – konstrukcyjnych, technicznych i organizacyjnych – oraz ich współdziałania.



W praktyce może się zdarzyć, że za pomocą jednego środka technicznego nie uzyska się zmniejszenia ryzyka, natomiast w odniesieniu całosciowym można uzyskać wystarczający wynik. Można uznać, że uzyskano wystarczające zmniejszenie ryzyka, gdy na wszystkie podane niżej pytania uda się udzielić pozytywnej odpowiedzi.

Czy uwzględniono wszystkie warunki eksploatacyjne we wszystkich okresach użytkowania maszyny?

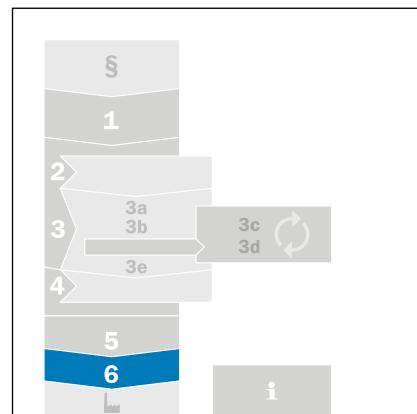
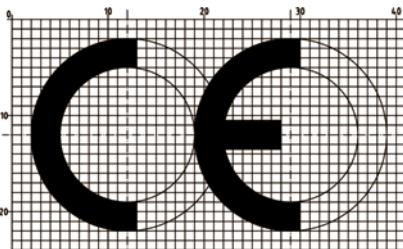
- Czy zastosowano metodę trójstopniową?
- Czy zlikwidowano zagrożenia lub zmniejszono ryzyko zagrożeń w maksymalnym stopniu, jaki jest możliwy w praktyce?
- Czy sprawdzono, że podjęte środki nie powodują powstania nowych zagrożeń?
- Czy użytkownik został wystarczająco poinformowany i ostrzeżony o ryzyku resztkowym?
- Czy sprawdzono, że podjęte środki ochronne nie pogarszają warunków pracy personelu obsługowego?
- Czy podjęte środki ochronne są ze sobą zgodne?
- Czy w wystarczającym stopniu uwzględniono skutki, które mogą powstać na skutek użytkowania maszyny w sektorach nieprzemysłowych?
- Czy sprawdzono, że podjęte środki ochronne nie ograniczają nadmiernie użytkowania maszyny zgodnie z przeznaczeniem?
- Czy odpowiednio zmniejszono ryzyko?



W ramach przeglądu bezpieczeństwa technicznego wykonywanego przez specjalistów z firmy SICK cała maszyna jest poddawana kontroli pod kątem istotnych zagrożeń.

Krok 6. Wprowadzenie do obrotu

Po stwierdzeniu zgodności w ramach walidacji całościowej, ewentualnie przy włączeniu w ten proces jednostki badawczej, można podczas przygotowywania dokumentacji technicznej wystawić deklarację zgodności i umieścić na maszynie oznaczenie CE. W deklaracji zgodności należy uwzględnić wszystkie dyrektywy europejskie obowiązujące dla danej maszyny.



Dokumentacja techniczna

Zakres dokumentacji technicznej opisano w rozdziale A załącznika VII dyrektywy maszynowej. W przypadku maszyn nieukończonych obowiązują specjalne wymagania przedstawione w rozdziale B załącznika VII dyrektywy maszynowej. Dokumentacja techniczna musi umożliwiać ocenę zgodności maszyny z wymaganiami opisanymi w dyrektywie maszynowej. Jeśli jest to konieczne w związku z oceną, dokumentacja ta musi obejmować konstrukcję, budowę i sposób działania maszyny.

Dokumentacja musi być sporządzona w co najmniej jednym z języków urzędowych Wspólnoty Europejskiej; z tego obowiązku wyłączone są instrukcje eksploatacji maszyn, dla których obowiązują szczególne regulacje przedstawione w punkcie 1.7.4.1 załącznika I.

Okres przechowywania i terminy

Dokumentację techniczną należy przechowywać, aby można było ją udostępnić odpowiednim urządrom państw członkowskich:

- Od dnia produkcji maszyny
- Przez co najmniej 10 lat od wyprodukowania ostatniego egzemplarza
- Dokumentacja techniczna nie musi znajdować się na terenie Wspólnoty Europejskiej ani przez cały czas być dostępna w postaci fizycznej (np. przechowywanie w formie cyfrowej). Osoba wskazana w deklaracji zgodności UE musi być jednak w stanie udostępnić taką dokumentację w stosownym terminie.

6

Uwaga: jeśli dokumentacja techniczna nie zostanie przedłożona odpowiednim urządrom krajowym na uzasadnione żądanie takich urzędów, może to być wystarczającym powodem do zakwestionowania zgodności danej maszyny z zasadniczymi wymaganiami w zakresie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia!

Zakres dokumentacji technicznej

- Ogólny opis maszyny:
 - Rysunek ogólny maszyny, schematy obwodów sterujących ruchem maszyny oraz opisy i wyjaśnienia niezbędne do zrozumienia sposobu działania maszyny
 - Kompletne rysunki szczegółowe, ewentualnie z obliczeniami, wynikami prób, zaświadczeniami itp., które są niezbędne do sprawdzenia zgodności maszyny z zasadniczymi wymaganiami w zakresie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia
- Lista zastosowanych norm i innych specyfikacji technicznych, z uwzględnieniem zasadniczych wymagań w zakresie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia zawartych w tych normach
- Dokumenty dotyczące oceny ryzyka (→ 1-1), z których wynika, która procedurę zastosowano w danym przypadku:
 - Lista zasadniczych wymagań w zakresie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia, które obowiązują w przypadku danej maszyny
 - Opis środków ochronnych zastosowanych w celu zniwelowania stwierdzonych zagrożeń lub zmniejszenia ryzyka oraz w stosownych przypadkach podanie ryzyka resztowego, którego dla danej maszyny nie można wykluczyć
- Wszystkie raporty techniczne z wynikami testów, które zostały przeprowadzone przez samego producenta lub przez organ wybrany przez producenta bądź jego pełnomocnika
- Instrukcja obsługi maszyny
- Kopia deklaracji zgodności UE
- W stosownych przypadkach kopie deklaracji zgodności UE innych maszyn lub produktów wbudowanych w maszynę
- W stosownych przypadkach deklaracja włączenia i instrukcja montażu dla maszyn nieukończonych

Instrukcja obsługi

Wraz z maszyną należy dostarczyć instrukcję obsługi sporządzoną w języku urzędowym kraju, w którym będzie użytkowana maszyna. Dostarczona wraz z maszyną instrukcja obsługi musi być „oryginalną instrukcją obsługi” lub tłumaczeniem „oryginalnej instrukcji obsługi”. W tym ostatnim przypadku należy dodatkowo dołączyć instrukcję oryginalną. Więcej informacji – patrz „Krok 4. Informacja dla użytkownika dotycząca ryzyka resztowego” → 4-1.

Odpowiedzialność użytkownika

Pracodawca jest odpowiedzialny za bezpieczeństwo swoich pracowników. Maszyny muszą być eksploatowane w sposób ergonomiczny i zgodnie z kwalifikacjami operatora i być przy tym bezpieczne.

Oprócz realizowanych przy dostawie odbiorów i przeglądów związanych z bezpieczeństwem technicznym, należy uwzględnić prawidłową specyfikację wymagań związanych z bezpieczeństwem technicznym już na etapie zakupu.

Jak należy kupować maszyny?

Kończący się sukcesem projekt budowy lub modernizacji produkcji rozpoczyna się już na etapie zakupu. Podejmuje się wówczas daleko idące decyzje.

- W przypadku kompleksowych instalacji maszynowych należy wyznaczyć „kierownika projektu” zgodnie z dyrektywą maszynową.
- Już na początku należy określić, jakie procesy będą realizowane przy wykorzystaniu udostępnionych maszyn (podzespołów).

- W umowie należy zawrzeć, jaka dokumentacja dodatkowa ma zostać dostarczona (np. ocena ryzyka itp.), aby w przyszłości można było łatwiej wprowadzić zmiany.
- Określić – o ile jest to sensowne – zastosowanie ważnych norm (norm zharmonizowanych w UE).
- Uzgodnić sposób postępowania w przypadku odstępstw od norm zharmonizowanych.

Przeglądy bezpieczeństwa

Doświadczona pokazują, że w praktyce bezpieczeństwo maszyn istnieje tylko w pewnych warunkach. Często dokonuje się manipulacji w urządzeniach ochronnych, co ma umożliwić pracę bez przeszkode. Innymi źródłami błędów jest złe umieszczenie urządzeń ochronnych oraz nieprawidłowe podłączenie ich do układu sterowania.

Stan bezpieczeństwa technicznego sprzętu roboczego i urządzeń podczas pracy uregulowany jest w dyrektywie 2009/104/WE (dyrektywa dotycząca użytkowania sprzętu roboczego) i należy go kontrolować zgodnie z przepisami obowiązującymi w danym kraju. Kontrola sprzętu roboczego jest określona przede wszystkim w artykule 4a dyrektywy. Podstawą wykonania mogą być zasady techniczne i normy lub określone przepisy.

Zgodnie z nimi użytkownik odpowiednich urządzeń musi zlecić kontrolę i formalne stwierdzenie bezpieczeństwa pracy.

Należy zwrócić uwagę, aby kontrola sprzętu roboczego została zorganizowana zgodnie z odpowiednią krajową transpozycją dyrektywy dotyczącej użytkowania sprzętu roboczego.

Należy przy tym spełnić następujące wymagania:

1. rodzaj kontroli
2. zakres kontroli
3. głębokość kontroli
4. terminy kontroli
5. poziom kwalifikacji osoby przeprowadzającej kontrolę

Dzięki przeglądowi bezpieczeństwa firmy SICK uzyskają Państwo szybki przegląd stanu bezpieczeństwa Państwa maszyn.

Centrala dystrybucyjna firmy SICK oraz czeska spółka zależna od SICK uzyskały akredytację jako placówki kontrolne.

Poprzez udzielenie akredytacji niezależna instytucja stwierdza, że firma SICK potrafi wykonać czynności określone w zakresie akredytacji z dużą niezawodnością i wymaganą jakością.

Wraz z Państwem omawiamy możliwości poprawy i stosujemy je w praktyce.



Dyrektywa dotycząca użytkowania sprzętu roboczego, artykuł 4a

ODPOWIEDZIALNOŚĆ UŻYTKOWNIKA

Dyrektywa dotycząca użytkowania sprzętu roboczego, artykuł 5: Kontrola sprzętu roboczego

1. Pracodawca zapewnia, aby w przypadkach, gdy bezpieczeństwo sprzętu roboczego uzależnione jest od warunków jego instalowania, poddany był on wstępnej kontroli (po zainstalowaniu i przed pierwszym wprowadzeniem do użytku) oraz kontroli po przeprowadzeniu montażu na nowym miejscu lub w nowej lokalizacji przez właściwe osoby, w rozumieniu ustawodawstwa lub praktyk krajowych, celem zagwarantowania, że sprzęt został prawidłowo zainstalowany i działa we właściwy sposób.
2. W celu utrzymania warunków ochrony zdrowia i bezpieczeństwa oraz dla wykrycia i usunięcia we właściwym czasie usterek mogących prowadzić do niebezpiecznych sytuacji pracodawca zapewnia, aby sprzęt roboczy narażony na działania powodujące takie usterki podlegał:
 - okresowym kontrolom oraz, w miarę potrzeby, badaniom wykonanym przez właściwe osoby, w rozumieniu ustawodawstwa krajowego lub praktyk krajowych;
 - specjalnym kontrolom przeprowadzanym przez właściwe osoby, w rozumieniu ustawodawstwa krajowego lub praktyk krajowych, za każdym razem, gdy zaszły wyjątkowe okoliczności, które mogą narażać bezpieczeństwo sprzętu roboczego, takie jak modyfikacja prac, wypadki, zjawiska naturalne lub przedłużone okresy przestoju.
3. Wyniki kontroli są rejestrowane i przechowywane do dyspozycji właściwych organów. Są one przechowywane przez odpowiedni okres. Jeżeli sprzęt roboczy używany jest poza przedsiębiorstwem, towarzyszy mu materialne zaświadczenie o ostatnio przeprowadzonej kontroli.
4. Państwa członkowskie określają warunki, na których przeprowadza się takie kontrole.

Pomoc i wsparcie od firmy SICK

Efektywna integracja funkcji bezpieczeństwa w maszynie lub koncepcja maszyny wymaga dużych kompetencji w dziedzinie bezpieczeństwa technicznego. Kompetencje te nie obejmują jedynie umiejętności, aktualności i zakresu wiedzy w dziedzinie bezpieczeństwa technicznego, lecz także doświadczenie w stosowaniu odpowiednich procesów. Dopiero połączenie tych wszystkich czynników określa kompetencje danego partnera w dziedzinie bezpieczeństwa technicznego.

Firma SICK, ze swoim ponad 60-letnim doświadczeniem, oferuje Państwu dostosowane do indywidualnych potrzeb usługi, które są niezbędne do zapewnienia bezpieczeństwa maszyn zgodnie z obowiązującymi dyrektywami.

Firma SICK przyczynia się do rozwoju kultury bezpieczeństwa w Państwa przedsiębiorstwie, mając na celu ...

- poprawę bezpieczeństwa istniejących maszyn i urządzeń

- integrację bezpieczeństwa przy zakupie nowych maszyn i urządzeń
- wsparcie konstruktorów przy stosowaniu procedury CE oraz środków zmniejszania ryzyka na etapie konstruowania

Są to naprawdę duże wymagania w stosunku do partnera. Musi on:

- mieć wieloletnie doświadczenie
- posiadać innowacyjne pomysły
- działać na skalę międzynarodową.

Poprzez zaangażowanie ekspertów z firmy SICK na odpowiednio wczesnym etapie ...

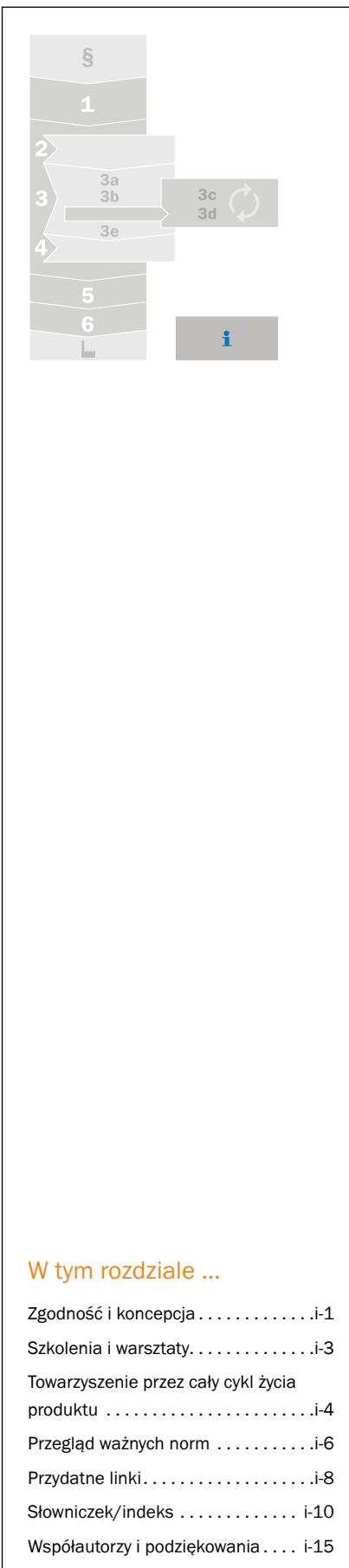
- następuje zaplanowanie bezpieczeństwa jako integralnej części projektu
- następuje odpowiednio wczesne zdentyfikowanie potencjalnych słabych punktów
- unika się przewymiarowania
- zapewnia się efektywność i konkurencyjność.

Dzięki usługom firmy SICK uzyskuje się duże bezpieczeństwo i ekonomiczną wartość dodaną.

Proces firmy SICK dotyczący usług w zakresie zgodności i koncepcji bezpiecznych maszyn i urządzeń

Usługi firmy SICK w zakresie „doradztwa i projektowania z myślą o zapewnieniu bezpieczeństwa maszyn” są realizowane zgodnie z przedstawionym poniżej procesem. Każda faza obejmuje przy

tem usługę firmy SICK. Mogą je Państwo zamówić pojedynczo lub jako kompleksową usługę w ramach procesu oznaczenia CE.



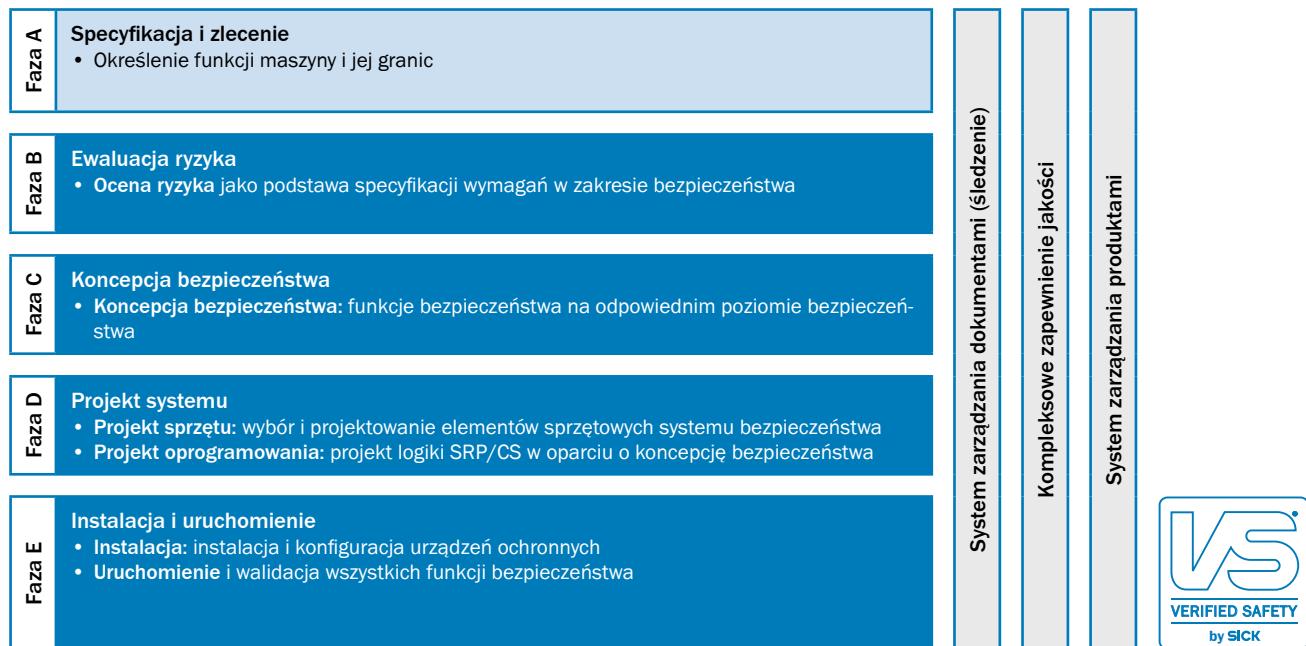
W tym rozdziale ...

Zgodność i koncepcja	i-1
Szkolenia i warsztaty	i-3
Towarzyszenie przez cały cykl życia produktu	i-4
Przegląd ważnych norm	i-6
Przydatne linki	i-8
Słowniczek/indeks	i-10
Współautorzy i podziękowania	i-15

Proces firmy SICK dotyczący usług w zakresie zgodności i koncepcji bezpiecznych maszyn i urządzeń

Usługi firmy SICK w zakresie „doradztwa i projektowania z myślą o zapewnieniu bezpieczeństwa maszyn” są realizowane zgodnie z przedstawionym poniżej procesem.

Każda faza obejmuje przy tym usługi firmy SICK. Mogą je Państwo zamówić pojedynczo lub jako kompleksową usługę w ramach procesu oznaczenia CE.



Szkolenia i warsztaty



Praktyczna wiedza dla użytkowników

Im większe mają Państwo doświadczenie, tym bezpieczniejsze są Państwa aplikacje. Przekazywanie doświadczeń i optymalizacja zastosowań jest ważnym elementem warsztatów i szkoleń organizowanych przez firmę SICK. Są one szczególnie zorientowane na praktykę.

Szkolenia dostosowane do indywidualnych potrzeb

W zależności od potrzeb uczestników i treści szkolenia wybieramy odpowiednie środki przekazywania i przyswajania wiedzy:

- Szkolenia
- Warsztaty
- E-learning
- Modułowe koncepcje szkoleń
- Szkolenia aktualizujące

Przewaga dzięki wiedzy

Przepisy prawa i normy zmieniają się z biegiem czasu. Także zmiany technologiczne wymagają stawienia czoła nowościom. Na naszych modułowych seminariach dotyczących podstaw bezpieczeństwa technicznego przekazujemy aktualne know-how na następujące tematy:

- zgodny z normami wybór odpowiedniego urządzenia ochronnego
- integracja urządzenia ochronnego z całym systemem sterowania
- prawidłowa ocena środków ochronnych w oparciu o obowiązujące dyrektywy, normy i zarządzenia

Zwiększanie bezpieczeństwa użytkowania

Nasze szkolenia dla użytkowników są skierowane na produkty, co umożliwia ich efektywne i trwałe bezpieczne włączenie do zaplanowanego zastosowania. Otrzymają Państwo przy tym narzędzie niezbędne przy pracy z urządzeniami, także pod kątem możliwości analizy i diagnostyki.

Ogólna struktura szkoleń dla użytkownika obejmuje różne fazy powstające podczas wyboru i integracji produktu:

- wybór
 - aspekty bezpieczeństwa
 - właściwości produktu i możliwości zastosowania
- integracja
 - podłączenie do aplikacji (montaż) i okablowanie
 - programowanie
 - uruchomienie
- bezpieczna eksploatacja
 - diagnozowanie i usuwanie błędów

Na zamówienie firma SICK może opracować koncepcję kwalifikacji dopasowaną do Państwa potrzeb. Jest to oferta, która przyczynia się do optymalizacji jakości pracy i przyspiesza transfer wiedzy w zakresie bezpieczeństwa technicznego.

Być zawsze na bieżąco

Aby dysponowali Państwo zawsze aktualną wiedzą, oferujemy specjalny program dokształcania, dostosowany do poziomu Państwa wiedzy.



- ➔ Aktualne informacje szczegółowe znajdą Państwo w internecie pod adresem www.sick.com/training lub w ofercie naszych seminariów.
- ➔ Aby uzyskać informacje dotyczące seminariów organizowanych za granicą, należy zwrócić się do odpowiedniego przedstawicielstwa firmy SICK lub odwiedzić nas pod adresem www.sick.com

Na zamówienie zorganizujemy seminaria i szkolenia dla użytkowników także w Państwa firmie. Prosimy o kontakt.

SICK – Towarzyszymy Państwa urządzeniu przez cały cykl życia produktu

Poprzez certyfikowane produkty i indywidualnie dostosowane do Państwa zadań usługi, firma SICK oferuje pomoc przez cały cykl życia Państwa maszyny – począwszy od planowa-

nia, poprzez uruchomienie, a skończywszy na konserwacji i modernizacji.

Usługi firmy SICK	Bezpieczna maszyna w sześciu krokach				
	§ Ustawy, dyrektywy, normy	Krok 1 Ocena ryzyka	Kroki od 2 do 4 Zmniejszenie ryzyka: metoda trójstopniowa	Kroki od 5 do 6 Walidacja całosciowa i wprowadzenie do obrotu	Odpowiedzialność użytkownika
Doradztwo i projektowanie					
• Ewaluacja ryzyka		✓			
• Koncepcja bezpieczeństwa			✓		
• Projekt sprzętu			✓		
• Projekt oprogramowania			✓		
• Instalacja			✓		
• Uruchomienie			✓		
• Ocena zgodności CE				✓	
• Kontrola urządzeń					✓
Weryfikacja i optymalizacja					
• Przegląd przed pierwszym uruchomieniem				✓	✓
• Regularne przeglądy					✓
• Kontrola bezpieczeństwa maszyny				✓	✓
• Kontrola wyposażenia elektrycznego				✓	✓
• Badanie wypadków					✓
• Pomiar dobiegu				✓	✓
Szkolenia i dokształcanie					
• Seminaria	✓	✓	✓	✓	✓
• Szkolenia dla użytkowników					✓
• Szkolenia internetowe	✓	✓	✓	✓	✓
Modernizacja i doposażenie					
• Zestawy aktualizacyjne					✓
Wsparcie dla produktów i systemów					
• Kontrola przy uruchomieniu					✓
• Pomoc za pośrednictwem infolinii					✓
• Rozwiązywanie problemów na miejscu					✓
• Urządzenia na wymianę					✓
• Części zamienne					✓
• Naprawy w serwisie					✓



Elementy składowe (produkty)

Stosowanie certyfikowanych produktów ułatwia producentowi maszyn poświadczenie zgodności z wymaganiami dyrektywy maszynowej i różnych norm. Jako dostawca rozwiązań, firma SICK oferuje producentom maszyn szeroką gamę produktów, poczynając od prostych jednowiązkowych barier świetlnych, poprzez kurtyny bezpieczeństwa, skanery laserowe bezpieczeństwa, czujniki bezpieczeństwa działające z wykorzystaniem kamer i włączniki bezpieczeństwa, a skończywszy na modułowych i sieciowych systemach sterujących bezpieczeństwem i oprogramowaniu, umożliwiających uzyskanie zgodności maszyn.

Doradztwo: nasza wiedza – zaleta dla Państwa jako użytkownika

Firma SICK posiada swoje oddziały i przedstawicielstwa w 87 krajach uprzemysłowionych na całym świecie. Tam znajdą Państwo naszych pracowników o wysokich kompetencjach technicznych, którzy udzielają Państwu niezbędnych porad fachowych. Wspomogą Państwa nie tylko swoją wiedzą specjalistyczną o produktach, ale też znajomością rynku oraz krajowych przepisów prawa i norm.

- Przegląd produktów bezpieczeństwa technicznego → 3-81
- Wszystkie produkty firmy SICK można znaleźć w wyszukiwarce produktów online na stronie www.sick.com.
- Aby uzyskać więcej informacji o ofercie usług dostępnych w poszczególnych krajach, należy zwrócić się do odpowiedniego przedstawicielstwa firmy SICK w Państwa kraju lub odwiedzić nas pod adresem www.sick-safetyplus.com

Przegląd ważnych norm

Typ	Norma europejska EN	Zharmo-nizowa-na?	Norma międ-dzynarodowa ISO/IEC	Tytuł lub informacja
A	EN ISO 12100 zastępuje następujące normy	✓	ISO 12100	Bezpieczeństwo maszyn – Ogólne zasady projektowania – Ocena ryzyka i zmniejszanie ryzyka
	EN ISO 12100-1		ISO 12100-1	Bezpieczeństwo maszyn – Pojęcia podstawowe i ogólne zasady projektowania • Część 1: Podstawowa terminologia, metodyka
	EN ISO 12100-2		ISO 12100-2	Bezpieczeństwo maszyn – Pojęcia podstawowe, ogólne zasady projektowania • Część 2: Zasady techniczne
	EN ISO 14121-1		ISO 14121-1	Bezpieczeństwo maszyn – Ocena ryzyka • Część 1: Zasady
B	EN 349	✓	ISO 13854	Bezpieczeństwo maszyn – Minimalne odstępy zapobiegające zgnieceniu części ciała człowieka
	EN 574	✓	ISO 13851	Bezpieczeństwo maszyn – Urządzenia sterowania oburęcznego – Aspekty funkcjonalne – Zasady projektowania
	EN 953	✓	ISO 14120	Osłony. Ogólne wymagania dotyczące projektowania i budowy osłon stałych i ruchomych (<i>norma ta jest obecnie ponownie opracowywana i zostanie później wydana jako norma EN ISO 14120</i>)
	EN 1037	✓	ISO 14118	Bezpieczeństwo maszyn – Zapobieganie niespodziewanemu uruchomieniu
	EN 1088	✓		Bezpieczeństwo maszyn – Urządzenia blokujące sprzężone z osłonami – Zasady projektowania i doboru (<i>norma ta została ponownie opracowana i zostanie wkrótce wydana jako norma EN ISO 14119</i>)
	EN ISO 13849-1	✓	ISO 13849-1	Bezpieczeństwo maszyn – Elementy systemów sterowania związane z bezpieczeństwem • Część 1: Ogólne zasady projektowania
	EN ISO 13849-2	✓	ISO 13849-2	• Część 2: Walidacja
	EN ISO 13850 (zastępuje EN 418)	✓	ISO 13850	Bezpieczeństwo maszyn – Zatrzymanie awaryjne – Zasady projektowania
	EN ISO 13855 (zastępuje EN 999)	✓	ISO 13855	Bezpieczeństwo maszyn – Umiejscowienie technicznych środków ochronnych ze względu na prędkość zbliżania części ciała człowieka
	EN ISO 13857 (zastępuje EN 294 i EN 811)	✓	ISO 13857	Bezpieczeństwo maszyn – Odległości bezpieczeństwa uniemożliwiające sięganie kończynami górnymi i dolnymi do stref niebezpiecznych
C	EN 60204-1	✓	IEC 60204	Bezpieczeństwo maszyn – Wyposażenie elektryczne maszyn • Część 1: Wymagania ogólne
	EN 61496-1	✓	IEC 61496-1	Bezpieczeństwo maszyn – Elektroczułe wyposażenie ochronne • Część 1: Wymagania ogólne i badania
	CLC/TS 61496-2	–	IEC 61496-2	• Bezpieczeństwo maszyn – Elektroczułe wyposażenie ochronne – Część 2: Wymagania szczegółowe dotyczące wyposażenia wykorzystującego aktywne optoelektroniczne urządzenia ochronne (AOPD)
	CLC/TS 61496-3	–	IEC 61496-3	• Bezpieczeństwo maszyn – Elektroczułe wyposażenie ochronne – Część 3: Wymagania szczegółowe dotyczące aktywnych optoelektronicznych urządzeń ochronnych reagujących na rozproszone promieniowanie odbite (AOPDDR)
	CLC/TS 62046	–	IEC/TS 62046	Bezpieczeństwo maszyn – Zastosowanie wyposażenia ochronnego z rozpoznawaniem obecności ludzi
	EN 62061	✓	IEC 62061	Bezpieczeństwo maszyn – Bezpieczeństwo funkcjonalne elektrycznych, elektronicznych i elektronicznych programowalnych systemów sterowania związanych z bezpieczeństwem

Typ	Norma europejska EN	Zharmonizowana?	Norma międzynarodowa ISO/IEC	Tytuł lub informacja
C	EN 1114-1	✓	–	Maszyny do przetwórstwa tworzyw sztucznych i mieszanek gumowych – Wytlaczarki i linie wytlaczania • Część 1: Wymagania bezpieczeństwa dotyczące wytlaczarek
	EN 12622	✓	–	Bezpieczeństwo obrabiarek – Prasy hydrauliczne krawędziowe
	EN 13736	✓	–	Bezpieczeństwo obrabiarek – Prasy pneumatyczne
	EN 1459	✓	–	Wózki jezdniowe, bezpieczeństwo – Wózki jezdniowe napędzane ze zmiennym wysięgiem
	EN 1525	–	–	Wózki jezdniowe – Bezpieczeństwo – Wózki bez operatora i ich układy
	EN 1526	✓	–	Wózki jezdniowe – Bezpieczeństwo – Dodatkowe wymagania dotyczące funkcji automatycznych w wózkach
	EN 1612-1	✓	–	Maszyny do przetwórstwa tworzyw sztucznych i mieszanek gumowych – Maszyny do formowania reaktywnego • Część 1: Wymagania bezpieczeństwa dotyczące zespołów doząjących i mieszających
	EN 1672-1	–	–	Maszyny dla przemysłu spożywczego – Pojęcia podstawowe – Wymagania z zakresu bezpieczeństwa
	EN 201	✓	–	Maszyny do przetwórstwa tworzyw sztucznych i mieszanek gumowych – Wtryskarki – Wymagania bezpieczeństwa
	EN 289	✓	–	Maszyny do przetwórstwa tworzyw sztucznych i mieszanek gumowych – Prasy do formowania pod ciśnieniem i prasy do formowania z przetłoczeniem – Wymagania bezpieczeństwa
	EN 415-X	✓*	–	Bezpieczeństwo maszyn pakujących (*: zharmonizowane są tylko części 1, 3 i 5–9 tej normy)
	EN 422	✓	–	Maszyny do przetwórstwa tworzyw sztucznych i mieszanek gumowych – Maszyny do formowania z rozdmuchiwaniem – Wymagania bezpieczeństwa
	EN 528	✓	–	Układnice – Wymagania bezpieczeństwa
	EN 692	✓	–	Obrabiarki – Prasy mechaniczne – Bezpieczeństwo
	EN 693	✓	–	Obrabiarki – Bezpieczeństwo – Prasy hydrauliczne
	EN 710	✓	–	Bezpieczeństwo maszyn – Wymagania bezpieczeństwa dla odlewniczych maszyn i urządzeń do wykonywania form i rdzeni oraz wyposażenia towarzyszącego
	EN 869	✓	–	Bezpieczeństwo maszyn – Wymagania bezpieczeństwa dla stanowisk do ciśnieniowego odlewania metali
	EN ISO 1010-X	✓*	ISO 1010-X	Wymagania bezpieczeństwa dotyczące projektowania i konstrukcji maszyn poligraficznych i maszyn do przetwarzania papieru (*: zharmonizowane są części 1–4 tej normy)
	EN ISO 10218-1 (zastępuje EN 775)	✓	ISO 10218-1	Roboty i urządzenia dla robotyki – Wymagania bezpieczeństwa dla robotów przemysłowych • Część 1: Roboty
	EN ISO 10218-2	✓	ISO 10218-2	• Roboty i urządzenia dla robotyki – Wymagania bezpieczeństwa dla robotów przemysłowych – Część 2: System robotowy i integracja
	EN ISO 11111-X	✓*	ISO 11111-X	Maszyny włókiennicze – Wymagania bezpieczeństwa (*: zharmonizowane są części 1–7 tej normy)

Przydatne linki

Gdzie mogę znaleźć ...?	
Teksty dyrektyw (EU)	Pełne teksty dyrektyw można znaleźć w internecie, między innymi na portalu umożliwiającym dostęp do aktów prawnych Unii Europejskiej: → eur-lex.europa.eu
Wykazy norm	Dziennik urzędowy UE Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) (Niemiecki Instytut Ochrony i Medycyny Pracy): → www.baua.de Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) (Związek Niemieckich Producentów Maszyn i Urządzeń): → www.vdma.org Komisja Europejska → www.ec.europa.eu/growth/index_en.htm Beuth Verlag GmbH: → www.beuth.de
Wydawcy norm międzynarodowych	CEN: → www.cen.eu/cenorm/homepage.htm CENELEC: → www.cenelec.eu ISO: → www.iso.org/iso/home.htm IEC: → www.iec.ch
Wydawcy norm niemieckojęzycznych	Niemcy (DIN): → www.din.de Austria (ON): → www.as-institute.at Szwajcaria (SVN): → www.snv.ch
Wydawcy norm europejskich	Belgia (NBN): → www.nbn.be Bułgaria (BDS): → www.bds-bg.org Dania (DS): → www.ds.dk Estonia (EVS): → www.evs.ee Finlandia (SFS): → www.sfs.fi Francja (AFNOR): → www.afnor.org Grecja (ELOT): → www.elot.gr Wielka Brytania (BSI): → www.bsigroup.com Irlandia (NSAI): → www.nsai.ie Islandia (IST): → www.stadlar.is Włochy (UNI): → www.uni.com/it Łotwa (LVS): → www.lvs.lv Litwa (LST): → www.lsd.lt Luksemburg (SEE): → www.see.lu Malta (MSA): → www.msa.org.mt Holandia (NEN): → www2.nen.nl Norwegia (SN): → www.standard.no Polska (PKN): → www.pkn.pl Portugalia (IPQ): → www.ipq.pt Rumunia (ASRO): → www.asro.ro Szwecja (SIS): → www.sis.se Słowenia (SIST): → www.sist.si Słowacja (SUTN): → www.sutn.sk Hiszpania (AENOR): → www.aenor.es Czechy (CNI): → www.unmz.cz/urad/unmz Węgry (MSZT): → www.mszt.hu Cypr (CYS): → www.cys.org.cy
Aktualne informacje o jednostkach notyfikowanych w Niemczech, innych krajach członkowskich UE lub EFTA oraz w innych krajach trzecich, z którymi UE zawarła umowę, są dostępne za pośrednictwem systemu informacyjnego NANDO Unii Europejskiej.	Jako oferte Niemieckiego Instytutu Ochrony i Medycyny Pracy (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin) znajdują Państwo listę placówek certyfikujących z państw członkowskich WE, które posiadają notyfikację: → ec.europa.eu/enterprise/newapproach/nando

Gdzie mogę znaleźć ...?	
Niemieckie krajowe urzędy ochrony pracy (różna struktura w zależności od kraju związkowego)	Badenia-Wirtembergia: Bawaria: Berlin: Brandenburgia: Brema: Hamburg: Hesja: Meklemburgia-Pomorze Przednie: Dolna Saksonia: Nadrenia Północna-Westfalia: Nadrenia-Palatynat: Saara: Saksonia: Saksonia-Anhalt: Szlezwik-Holsztyn: Turynia: → www.gewerbeaufsicht.baden-wuerttemberg.de → www.lgl.bayern.de/arbeitsschutz/index.htm → www.berlin.de/lagetsi → www.arbeitsschutzverwaltung.brandenburg.de → www.gewerbeaufsicht.bremen.de → www.hamburg.de/arbeitsschutz → www.sozialnetz.de/ca/b/b → www.lagus.mv-regierung.de → www.gewerbeaufsicht.niedersachsen.de → www.arbeitsschutz.nrw.de/bp/index.html → www.masgff.rlp.de/arbeit/arbeitsschutz → www.lua.saarland.de → www.arbeitsschutz.sachsen.de → www.verbraucherschutz.sachsen-anhalt.de/arbeitsschutz → www.schleswig-holstein.de/DE/Themen/A/arbeitsschutz → www.thueringen.de/th7/tlv/arbeitsschutz
Austria	Austriacka inspekcja pracy: → www.arbeitsinspektion.gv.at CD-ROM „ArbeitnehmerInnenschutz expert” (Ochrona pracowników – ekspert) → www.a-expert.at
Szwajcaria	Szwajcarska inspekcja pracy: → www.seco.admin.ch
Lista specjalistycznych komisji branżowych (Niemcy)	Nowe przyporządkowanie komisji i grup specjalistycznych w DGUV. Zasada 401 DGUV „Działalność i dziedziny specjalistyczne DGUV” stworzyła podstawę dla sieci kompetencji w zakresie bezpieczeństwa i zdrowia, stawiającej czoła wyzwaniom przyszłości. Dotychczasowe komisje specjalistyczne są zastępowane przez działy specjalistyczne. → www.dguv.de/de/Pr%c3%a4vention/Fachbereiche-der-DGUV/index.jsp
Adresy instytucji branżowych (Niemcy)	→ www.dguv.de/de/Berufsgenossenschaften-Unfallkassen-Landesverbände
Instytucje ubezpieczające od następstw nieszczęśliwych wypadków	Niemcy: Deutsche gesetzliche Unfallversicherung: → www.dguv.de Austria: Allgemeine Unfallversicherung: → www.auva.at Szwajcaria: Schweizerische Unfallverhütungsanstalt: → www.suva.ch

Słowniczek/indeks

Skrót/hasło	Objaśnienie	Indeks
λ Failure rate per hour	<p>λ: częstość uszkodzeń na godzinę, suma λ_s oraz λ_d</p> <ul style="list-style-type: none"> λ_s: częstość uszkodzeń bezpiecznych λ_d: częstość uszkodzeń niebezpiecznych, można ją podzielić na: <ul style="list-style-type: none"> λ_{dd}: liczbę uszkodzeń niebezpiecznych, rozpoznawanych przez funkcję diagnostyczną λ_{du}: liczbę niewykrytych uszkodzeń niebezpiecznych 	→ 3-96 → 3-98
A		
AOPD Active opto-electronic protective device	<p>Urządzenie, którego funkcja czułości realizowana jest przez emitująco-odbierające elementy optoelektroniczne, wykrywające przerwanie promieniowania świetlnego, generowanego wewnątrz urządzenia przez nieprzezroczysty obiekt znajdujący się w określonym polu ochronnym (lub dla fotoprzekaźnika: na osi promienia światła) (CLC/TS 61496-2).</p> <p>W normie EN 692 „Prasy mechaniczne”, EN 693 „Prasy hydrauliczne” oraz ENGB 12622 „Hydrauliczne prasy krawędziowe” stosuje się skrót AOS jako synonim AOPD.</p>	→ 3-30
AOPDDR Active opto-electronic protective device responsive to diffuse reflection	Urządzenie, w którym funkcje czułości realizują optoelektroniczne elementy nadawcze i odbiorcze, wykrywające odbicie rozproszonego promieniowania optycznego generowanego przez to urządzenie, spowodowane obecnością jakiegoś obiektu w dwuwymiarowym polu ochronnym. (IEC/TS 61496-3, CLC/TSGB 61496-3)	→ 3-31
B		
B_{10d}	Liczba cykli, po której doszło do niebezpiecznych awarii 10% elementów składowych (na przykład elementów pneumatycznych i elektromechanicznych)	→ 3-17 → 3-93
Bezpieczeństwo funkcjonalne	Część bezpieczeństwa całkowitego odnosząca się do maszyny i systemu sterowania maszyną, która zależy od prawidłowego działania → SRECS, systemów bezpieczeństwa wykonanych w innych technikach i zewnętrznych środków zmniejszania ryzyka.	→ 3-1 → 3-85
BGIA	→ IFA	
Blokada ponownego uruchomienia	<p>Urządzenie uniemożliwiające ponowne samoczynne uruchomienie maszyny po zadziałaniu funkcji bezpieczeństwa podczas niebezpiecznej części cyklu działania maszyny lub po zmianie trybu działania maszyny, bądź też po zmianie urządzenia sterującego uruchomieniem maszyny (IEC 61496-1/EN 61496-1).</p> <ul style="list-style-type: none"> Dostępne są następujące tryby pracy: tryb impulsowy, tryb pojedynczego skoku, tryb automatyczny Dostępne są następujące urządzenia sterujące uruchomieniem: przelącznik nożny, urządzenie sterowania oburęcznego, wyzwalenie jedno- lub dwutaktowe przez funkcję czujnika elektroczułego wyposażenia ochronnego Blokada ponownego uruchomienia (RES): W przypadku przerwania co najmniej jednej wiązki świetlnej następuje zatrzymanie maszyny i włączana jest blokada ponownego uruchomienia (RES). Tym samym maszyna może zostać uruchomiona dopiero wówczas, gdy droga promieni świetlnych jest wolna, a przycisk reset zostanie naciśnięty i ponownie zwolniony. 	
Blokowanie	Urządzenie blokujące jest mechanicznym, elektrycznym lub innym urządzeniem, którego zadaniem jest uniemożliwienie działania elementu maszyny w określonych warunkach.	→ 3-21 i nast.
C		
CCF Common cause failure	Usterka spowodowana wspólną przyczyną: awarie różnych modułów powodowane przez pojedyncze zdarzenie, ale nieopierające się na wzajemnej przyczynie	→ 3-16 → 3-95 → 3-97 → 3-98
CENELEC Comité Européen de Normalisation Electrotechnique	Europejski Komitet Normalizacyjny Elektrotechniki. Podmiot odpowiedzialny za harmonizację norm elektrotechnicznych w ramach Unii Europejskiej i całego europejskiego obszaru gospodarczego. → www.cenelec.eu	→ §-7
CLC	Prefiks dla norm przyjętych przez CENELEC.	→ §-7
Czas odpowiedzi	Maksymalny czas, jaki upływa pomiędzy wystąpieniem zdarzenia powodującego zadziałanie elementu czujnika, a uzyskaniem stanu wyłączenia urządzeń przełączających sygnały wyjściowe (OSSD)	→ 3-47
Czas opóźnienia odpowiedzi	Czas powodujący opóźnioną odpowiedź styków. W przypadku aparatury łączeniowej z opóźnieniem czasu odpowiedzi istnieje możliwość ustawienia zmiennych czasów.	

Skrót/hasło	Objaśnienie	Indeks
D		
DC	Diagnostic coverage	Pokrycie diagnostyczne: miara skuteczności diagnostyki, którą można określić jako stosunek liczby stwierdzonych awarii niebezpiecznych do liczby wszystkich awarii niebezpiecznych
d_{op}	Średni czas pracy w dniach na rok	→ 3-93
E		
E/E/PES	Electrical, electronic and programmable electronic safety-related systems	Elektryczne, elektroniczne i programowalne systemy bezpieczeństwa (IEC 62061/EN 62061)
EDM	External device monitoring, monitorowanie urządzeń zewnętrznych	Środki, za pomocą których elektroczułe wyposażenie ochronne (ESPE) monitoruje stan urządzeń sterujących, zewnętrznych w stosunku do ESPE (IEC 61496-1/EN 61496-1). Monitorowanie urządzeń zewnętrznych nie jest ograniczone do zastosowania elektroczułego wyposażenia ochronnego.
EFTA	European free trade association	Europejskie Stowarzyszenie Wolnego Handlu, organizacja międzynarodowa utworzona przez państwa europejskie
Elementarne funkcje bezpieczeństwa		część funkcji bezpieczeństwa, wykonywana przez element bezpieczeństwa (np. element wykonawczy) w celu zmniejszenia ryzyka.
EMC	Electromagnetic compatibility	→ EMC
EMC	Kompatybilność elektromagnetyczna	Zdolność urządzenia elektrycznego do prawidłowego działania w określonym środowisku elektromagnetycznym i nieemitowanie zaburzeń pola elektromagnetycznego zakłócającego poprawną pracę innych urządzeń pracujących w tym środowisku.
ESPE	Electro-sensitive protective equipment	→ ESPE
ESPE	Elektroczułe wyposażenie ochronne	Zespół urządzeń i/lub elementów pracujących wspólnie w celu zabezpieczenia dostępu lub wykrycia obecności, zawierający co najmniej (IEC 61496-1/EN 61496-1): • czujnik • urządzenia sterujące lub monitorujące • urządzenia przelatujące sygnały wyjściowe (OSSD) Wypożyczenie to służy do ochrony ludzi pracujących przy maszynach i urządzeniach, w przypadku których występuje ryzyko obrażenia ciała. Wymusza ono przejście maszyny lub urządzenia do bezpiecznego stanu, zanim człowiek znajdzie się w niebezpiecznej sytuacji.
F		
FIT	Failure in time	Częstość uszkodzeń na każde 10^9 godzin → $\lambda = 1 \times 10^9$ 1/h
FMEA	Failure mode effects analysis	Analiza przyczyn i skutków awarii. Procedura analizy rodzajów i skutków awarii (IEC 812/EN 60812).
Funkcja bezpieczeństwa		Funkcja maszyny, przy czym awaria tej funkcji może bezpośrednio doprowadzić do zwiększenia ryzyka (ryzyk) (ISO 12100). Funkcja bezpieczeństwa jest wykonywana przez związane z bezpieczeństwem części układów sterowania (SRP/CS).
H		
HFT[n]	Hardware fault tolerance	Zdolność do dalszego wykonywania żądanej funkcji przy wystąpieniu błędów lub awarii (IEC 62061/EN 62061)
h_{op}	Operating hours	Średni czas pracy w godzinach na dzień
I		
IFA	Institut für Arbeitsschutz (Instytut Ochrony Pracy)	Instytut Ochrony Pracy Niemieckiego Ustawowego Ubezpieczenia od Następstw Nieszczęśliwych Wypadków Do 2009 r.: BGIA.

Skrót/hasło	Objaśnienie	Indeks
K		
Kategoria	Zaszergowanie związań z bezpieczeństwem części systemu sterowania przy uwzględnieniu ich odporności na błędy i późniejszego zachowania w przypadku wystąpienia błędu	→ 3-18 → 3-89
Kurtyna optyczna	Aktywne optoelektroniczne urządzenie ochronne o rozdzielcości ≤ 116 mm	→ 3-29 f → 3-47
L		
Lambda λ	→ λ	→ 3-96 → 3-98
M		
Minimalna odległość	Obliczona odległość między urządzeniem ochronnym i obszarem zagrożenia, uniemożliwiający ludziom lub częścioim ich ciała wejście do obszaru zagrożenia przed zakończeniem niebezpiecznej funkcji maszyny	→ 3-47 i nast.
MTTFd Mean time to failure	Spodziewany średni czas do niebezpiecznego uszkodzenia (ISO 13849-1/EN ISO 13849-1)	→ 3-90
Muting	Chwilowe zawieszenie funkcji. Chwilowe samoczynne zawieszenie funkcji bezpieczeństwa przez elementy systemu sterowania związane z bezpieczeństwem (IEC 61496-1/EN 61496-1)	→ 3-38
N		
N/C Normally Closed	Styk normalnie zamknięty	→ 3-21
N/O Normally open	Styk normalnie otwarty	→ 3-45 → 3-73
n_{op} Numbers of operation per year	Tekst pochodzący z normy EN ISO 13849-1: średnia liczba załączeń w ciągu roku (ISO 13849-1/EN ISO 13849-1) $n_{op} = \frac{d_{op} \times h_{op} \times 3600^{\frac{s}{h}}}{t_{cycle}}$ d _{op} średni czas pracy w dniach na rok h _{op} średni czas pracy w godzinach na dzień t _{cycle} średni czas między rozpoczęciem dwóch następujących po sobie cykli elementu w sekundach na cykl	→ 3-93
O		
Ochrona przed obejściem zabezpieczeń	Wtórnego urządzenie ochronne do maszyn lub urządzeń, które są dostępne z ziemi oraz w przypadku których należy zapobiec uruchomieniu urządzenia, gdy operator znajduje się wewnątrz instalacji (funkcja bezpieczeństwa: uniemożliwienie uruchomienia)	→ 3-50 i nast.
OSSD Output signal switching device, urządzenie przełączające sygnał wyjściowy	Część elektrozułego wyposażenia ochronnego (ESPE), połączonego z maszyną i przechodzącego do stanu wyłączenia w chwili zadziałania czujnika podczas użytkowania zgodnego z przeznaczeniem	→ 3-18 → 3-66 f
Otwieranie wymuszone	Otwieranie wymuszone w przypadku przełączników oznacza, że pomiędzy aktuatorem a elementem przełączającym musi zachodzić kształtowe przenoszenie siły. Mechanizm uruchamiający musi być skonstruowany w taki sposób, aby w przypadku awarii mechanicznej, np. pęknięcia sprężyny lub stopienia styku, nastąpiło niezawodne otwarcie styku i pozostanie w stanie załączonym (IEC 60947-5-1/EN 60947-5-1).	→ 3-24



Skrót/hasło	Objaśnienie	Indeks
P		
PDF	Proximity device with defined behaviour under fault conditions	Łącznik zbliżeniowy o zdefiniowanym zachowaniu w warunkach defektu
PFHd	Probability of dangerous failure per hour	Średnie prawdopodobieństwo niebezpiecznego uszkodzenia na godzinę (1/h)
PL	Poziom zapewnienia bezpieczeństwa	Dyskretny poziom określający zdolność związanych z bezpieczeństwem części systemu sterowania do wykonania funkcji bezpieczeństwa pod przewidywalnymi warunkami (ISO 13849-1/EN ISO 13849-1)
Pole ochronne	<p>Obszar, w którym zdefiniowana przez producenta próbka jest rozpoznawana przez elektroczułe wyposażenie ochronne (ESPE).</p> <ul style="list-style-type: none"> Optyczna kurtyna bezpieczeństwa: pole ochronne znajduje się między nadajnikiem i odbiornikiem. Jest ono określone za pomocą wysokości i szerokości pola ochronnego. Skaner laserowy bezpieczeństwa: pole ochronne zabezpiecza obszar zagrożenia maszyny lub pojazdu. Jest ono określone za pomocą zasięgu, kąta skanowania, czasu odpowiedzi i rozdzielczości zastosowanego urządzenia (patrz dane techniczne). 	→ 3-47
Ponowne uruchomienie	Ponowny rozruch maszyny. Po zadziałaniu tej funkcji bezpieczeństwa lub po wystąpieniu defektu można zresetować urządzenie ochronne, aby następnie umożliwić ponowne uruchomienie maszyny.	→ 3-4 f → 3-55 → 3-75
Pręt kontrolny	Nieprzezroczysty przedmiot cylindryczny stosowany do sprawdzania progu wykrywania aktywnego optoelektronicznego urządzenia ochronnego (AOPD) (IEC/TS 61496-2, CLC/TS 61496-2)	
R		
Resetowanie	<p>Resetowanie urządzenia ochronnego do stanu nadzorującego.</p> <ul style="list-style-type: none"> Ręczne resetowanie jest przeprowadzane za pomocą osobnego, obsługiwanej ręcznie urządzenia, np. przycisku reset. Automatyczne resetowanie za pomocą urządzenia ochronnego jest dozwolone tylko w wyjątkowych przypadkach: należy wykluczyć możliwość przebywania ludzi w obszarze zagrożenia bez zadziałania urządzenia ochronnego lub należy zadbać o to, aby podczas resetowania i po zresetowaniu w obszarze zagrożenia nie przebywali ludzie. 	→ 3-46 → 3-65
Rozdzielczość/zdolność wykrywania przez czujnik	Granica parametru czujnika, powodująca zadziałanie elektroczułego wyposażenia ochronnego (ESPE). Określa ją producent.	→ 3-31
S		
SFF	Safe failure fraction	Wskaźnik uszkodzeń bezpiecznych w całkowitej liczbie uszkodzeń podsystemu, które nie spowodowały niebezpiecznych uszkodzeń (IEC 62061/EN 62061)
SIL	Safety Integrity Level	Poziom nienaruszalności bezpieczeństwa: poziom dyskretny (jeden z trzech możliwych) do wyszczególnienia wymagań dotyczących nienaruszalności bezpieczeństwa funkcji sterowania związanej z bezpieczeństwem, które powinny być przypisane systemowi bezpieczeństwa, przy czym trzeci poziom nienaruszalności bezpieczeństwa jest poziomem najwyższym, a pierwszy poziom nienaruszalności bezpieczeństwa – poziomem najniższym (IEC 62061/EN 62061)
SILCL	SIL claim limit	Granica osiągalności SIL (dla podsystemu): maksymalny SIL, który może być osiągnięty przez podsystem → SRECS w zależności od ograniczeń architektury i systematycznej nienaruszalności bezpieczeństwa (IEC 62061/EN 62061)
SRECS	Safety-related electrical control system	Elektryczny system sterowania maszyn, którego uszkodzenie może skutkować bezpośredniem wzrostem ryzyka
SRP/CS	Safety-related part(s) of control system	Związana z bezpieczeństwem część systemu sterowania: część systemu sterowania, która odpowiada na sygnały wejściowe związane z bezpieczeństwem i generuje sygnały wyjściowe związane z bezpieczeństwem (ISO 13849-1/EN ISO 13849-1)

Skrót/hasło	Objaśnienie	Indeks
T		
T_{10d}	Ograniczenie czasu pracy elementu. Średni czas do momentu wystąpienia niebezpiecznej awarii 10% elementów składowych. $T_{10d} = \frac{B_{10d}}{n_{op}}$ Uzyskany MTTFd dla elementów podlegających zużyciu obowiązuje tylko dla tego czasu.	
Tryb 1-taktowy i 2-taktowy	Ten tryb pracy jest zalecany, gdy elementy są cyklicznie wkładane lub wyjmowane ręcznie. W tym trybie pracy cykl maszyny jest automatycznie inicjowany wraz ze zwolnieniem pola ochronnego po jednokrotnym lub dwukrotnym przerwaniu. W następujących sytuacjach konieczne jest użycie urządzenia do resetowania: <ul style="list-style-type: none">• podczas uruchamiania maszyny• podczas ponownego uruchomienia, gdy → AOPD zostanie przerwane• w trakcie niebezpiecznego ruchu• w celu przeprowadzenia ponownego uruchomienia po ponad 30 sekundach (por. IEC 61496-1/EN 61496-1) → Więcej informacji: EN 692 Należy jednak koniecznie upewnić się, że podczas procesu roboczego nie mogą powstawać żadne zagrożenia dla operatora. Ogranicza to użycie do małych maszyn, w przypadku których nie jest możliwe wejście do obszaru zagrożenia i występuje ochrona przed ominięciem zabezpieczeń. Należy również zabezpieczyć pozostałe strony maszyny, stosując odpowiednie środki. Jeśli ten tryb pracy jest uruchamiany, rozdzielcość aktywnego optoelektronicznego urządzenia ochronnego (AOPD) musi być mniejsza lub równa 30 mm (por. ISO 13855 oraz EN 692, EN 693). Podczas montażu urządzeń ochronnych należy wykluczyć następujące błędy: sięgnięcie ponad, pod i obok urządzenia ochronnego oraz ominięcie zabezpieczeń.	→ 3-41
V		
VBPD Visual based protection device	Urządzenia ochronne oparte na analizie obrazu, np. bezpieczne systemy kamer	
W		
Wprowadzenie do obrotu	Zgodnie z ustawą o bezpieczeństwie wyrobów i urządzeń: pierwsze udostępnienie na rynku	→ 6-1
Współ- czynnik β	Podatność na uszkodzenia spowodowane wspólną przyczyną (IEC 62061) → CCF	→ 3-97 → 3-98
Z		
Zdolność wykrywania przez czujnik/rozdzielnicość	Granica parametru czujnika, powodująca zadziałanie elektroczułego wyposażenia ochronnego (→ ESPE). Określa ją producent.	→ 3-32



Współautorzy i podziękowania

Firma SICK AG i zespół redakcyjny składają podziękowania wszystkim współautorom, którzy wzięli udział w opracowaniu niniejszego podręcznika – czy to zwracając uwagę na niezbędne korekty, czy to wykonując fotografie lub pisząc teksty. Również wielu czytelników poprzedniego wydania tego podręcznika,

W szczególności składamy podziękowania następującym osobom

(w kolejności alfabetycznej):

- Dr. Tilmann Bork, Festo AG & Co. KG
- Pablo Ruiz, Festo AG & Co. KG
- SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG

dzięki bardzo dobrej znajomości tematu i przekazaniu informacji zwrotnej dotyczącej praktycznego zastosowania, przyczyniło się do opracowania zaktualizowanej wersji tego podręcznika. Dziękujemy za wsparcie!













SICK W SKRÓCIE

SICK należy do czołowych producentów inteligentnych czujników i opartych na nich rozwiązań do zastosowań przemysłowych. Przedsiębiorstwo zatrudnia ponad 7000 pracowników, ma też ponad 50 firm zależnych i udziałów oraz liczne przedstawicielstwa na całym świecie, zawsze jest więc blisko swoich klientów. Wyjątkowe spektrum produktów i usług firmy stwarza idealną podstawę, która pozwala bezpiecznie i wydajnie sterować procesami, chronić ludzi przed wypadkami i unikać szkód ekologicznych.

Dysponujemy szerokim doświadczeniem w wielu branżach i znamy procesy oraz wymagania klientów. Nasze inteligentne czujniki pozwalają nam zapewnić klientom dokładnie to, czego potrzebują. W naszych centrach zastosowań w Europie, Azji i Ameryce Północnej testowane i optymalizowane są rozwiązania systemowe dostosowane do konkretnych klientów. Wszystko to pozwala nam pełnić rolę niezawodnych dostawców i partnerów rozwojowych.

Naszą ofertę dopełniają kompleksowe usługi SICK LifeTime Services, które obejmują wszystkie fazy eksploatacji maszyny i dbają o bezpieczeństwo i produktywność.

Tak rozumiemy „inteligencję czujników”.

Blisko klienta na całym świecie:

Australia, Austria, Belgia/Luksemburg, Brazylia, Chiny, Czechy, Dania, Finlandia, Francja, Hiszpania, Holandia, Indie, Izrael, Japonia, Kanada, Korea Południowa, Meksyk, Niemcy, Norwegia, Polska, Republika Południowej Afryki, Rosja, Rumunia, Singapur, Słowenia, Stany Zjednoczone, Szwajcaria, Szwecja, Tajwan, Turcja, Węgry, Wielka Brytania, Włochy, Zjednoczone Emiraty Arabskie.

Partnerzy i więcej lokalizacji → www.sick.com