

mgr inż. TOMASZ STRAWIŃSKI
Centralny Instytut Ochrony Pracy

Elementy systemów sterowania maszyn związane z bezpieczeństwem

Praca wykonana w ramach programu wieloletniego (b. SPR-1) pn. „Bezpieczeństwo i ochrona zdrowia człowieka w środowisku pracy” dofinansowanego przez Komitet Badań Naukowych. Główny koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy

Bezpieczeństwo pracy jest w znacznym stopniu zależne od bezpieczeństwa związanego z maszynami wykorzystywanymi w procesach produkcyjnych i w usługach. W Unii Europejskiej obowiązek producentów i innych dostawców maszyn dotyczący zapewnienia bezpieczeństwa został ujęty w dyrektywie 98/37/EC tzw. maszynowej, która w artykule 3. stanowi: *Maszyny i urządzenia ochronne samodzielnie objęte niniejszą dyrektywą powinny spełniać wymagania dotyczące bezpieczeństwa i ochrony zdrowia ujęte w załączniku 1.* Podobny zapis (w art. 1 par. 5 p. 2) znalazł się w rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 3 lipca 2001 r. (DzU nr 127 poz. 1391) [3], które faktycznie przenosi postanowienia dyrektywy maszynowej do prawa polskiego.

W odniesieniu do maszyn znajdujących się obecnie w użytkowaniu, w UE obowiązują dyrektywy 89/655/EEC i 85/63/EC. Punkt 2.8 załącznika 1. do tych dyrektyw stanowi: *W przypadku wystąpienia ryzyka kontaktu z ruchomymi częściami maszyn i innych urządzeń technicznych mogącego powodować wypadki, należy zastosować osłony lub inne urządzenia, które zapobiegająby dostępowi do stref zagrożenia lub zatrzymywałyby ruch części niebezpiecznych, zanim dotrze się do stref zagrożenia...* Analogiczny zapis znajduje się w przygotowywanym rozporządzeniu ministra gospodarki.

Te akty prawne wymuszają zwrócenie jesisze większej uwagi na bezpieczeństwo przy maszynach, nie tylko nowo powstających, lecz także znajdujących się obecnie w użytkowaniu.

Środki zmierzające do zapewnienia bezpieczeństwa przy maszynach

Zastosowanie środków bezpieczeństwa przy maszynach jest związane z występującymi zagrożeniami oraz towarzyszącym im poziomem ryzyka zawodowego. Niezbędne jest zidentyfikowanie zagrożeń, a następnie podjęcie określonych działań w sferze projektowania, nadzoru i zarządzania, prowadzących do ograniczenia ryzyka. Identyfikacja zagrożeń powinna obejmować wszystkie ich rodzaje – od widocznych gołym okiem i stosunkowo łatwo identyfikowalnych, pochodzących np. od poruszających się części maszyn lub ostrych krawędzi, do takich, których wykrycie wymaga zastosowania odpowiednich przyrządów pomiarowych, np. chemicznych lub związanych z promieniowaniem elektromagnetycznym.

Ryzyko związane z występującymi zagrożeniami może zostać zredukowane przez:

– **wyeliminowanie zagrożenia** – usunięcie pierwotnej przyczyny powodującej istnienie ryzyka; typowym przykładem jest w tym przypadku zmiana w technologii pozwalająca na wyeliminowanie rozpatrywanego zagrożenia

– **zastosowanie środków redukcji ryzyka** – jeśli nie jest możliwa zmiana w technologii eliminująca zagrożenie, to w konstrukcji maszyny oraz w działaniach związanych z jej eksploatacją przewiduje się wykorzystanie środków bezpieczeństwa ograniczających ryzyko.

Redukcja całego ryzyka przez wyeliminowanie zagrożenia jest w praktyce rzadko możliwa. W większości przypadków należy się pogodzić z faktem występowania zagrożenia i konieczności zastosowania kosztownych środków bezpieczeństwa, które zmniejszą ryzyko, lecz zawsze pozostanie pewne **ryzyko resztkowe**. O zapewnieniu bezpieczeństwa można mówić wtedy, gdy ryzyko reszt-

kowe znajdzie się poniżej **poziomu ryzyka tolerowalnego** społecznie. Należy zauważyć, że społeczna tolerancja dla ryzyka ulega zmianie w czasie i z reguły zmierza w kierunku zaostrzenia wymagań wymuszających stosowanie nowych rozwiązań dotyczących bezpieczeństwa.

Okres „życia” maszyny zaczyna się w fazie jej projektowania i produkcji. W tym czasie należy podjąć najważniejsze działania zapewniające jej bezpieczeństwo podczas użytkowania. U podstaw tych działań znajduje się ocena ryzyka, która pozwala na określenie, jakie zagrożenia i jakie ich następstwa mogą wystąpić w czasie użytkowania maszyny. Rezultaty oceny ryzyka są podstawą do określenia przez projektanta maszyny niezbędnych środków bezpieczeństwa.

W procesie projektowania maszyny należy uwzględnić następujące rodzaje środków bezpieczeństwa:

- odpowiednie rozwiązania konstrukcyjne i technologiczne eliminujące lub zmniejszające zagrożenia
- zastosowanie wyposażenia ochronnego i uzupełniającego środków bezpieczeństwa
- informację dla użytkownika umieszczoną na maszynie i zawartą w instrukcji obsługi.

Projektant maszyny, przewidując odpowiednie środki bezpieczeństwa powinien kierować się zaleceniami zamieszczonymi w normach, własnym doświadczeniem oraz informacjami napływającymi od użytkowników podobnych maszyn.

Kolejne, równie istotne działania związane z bezpieczeństwem należy podjąć w fazie użytkowania maszyny.

Użytkownik powinien rozważyć zastosowanie następujących rodzajów środków bezpieczeństwa:

- odpowiednią organizację pracy obejmującą procedury jej wykonywania, nadzór, systemy upoważnień do wykonywania określonych czynności
- dodatkowe wyposażenie ochronne (zastosowanie jest zależne od maszyny i warunków jej użytkowania)
- szkolenie pracowników
- środki ochrony indywidualnej.

Schemat działań związanych z zapewnieniem bezpieczeństwa przy maszynie przedstawiono na rysunku 1.

Wszelkie działania związane z wprowadzaniem kolejnych środków bezpieczeństwa powinny być weryfikowane przez powtarzaną ocenę ryzyka. Jej wynik powinien potwierdzać, że zastosowane środki bezpieczeństwa są odpowiednie i wystarczające do uzyskania wymaganej redukcji ryzyka i zapewniają bezpieczeństwo w czasie eksploatacji maszyny.

Redukcja ryzyka wypadkowego przez zastosowanie ESSZB

Przyjmuje się, że elementami mającymi wpływ na wynik oceny ryzyka związanego z występującymi zagrożeniami są: ciężkość szkody oraz prawdopodobieństwo zaistnienia tej szkody, które zależą od częstości i czasu przebywania w strefie zagrożenia, prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia zagrażającego oraz możliwości uniknięcia lub ograniczenia szkody (wg normy PN-EN 1050:1999). Tylko prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia zagrażającego może być modyfikowane (zmniejszane) drogą stosowania technicznych środków bezpieczeństwa. Jednym z dostępnych środków bezpieczeństwa, opartych na nowoczesnych rozwiązaniach technicznych, są elementy systemów sterowania związane z bezpieczeństwem (ESSZB), które stanowią wyposażenie maszyny lub linii technologicznej, nie wykorzystywane bezpośrednio do realizacji procesu produkcyjnego.

Zagrożenie występuje w określonej strefie zagrożenia, w której w czasie wykonywania operacji technologicznej jest wysokie ryzyko wypadku (czyli prawdopodobieństwo wystąpienia następstw w postaci szkody dotyczącej zdrowia lub mienia). W dostatecznej odległości od strefy zagrożenia ryzyko jest niskie (strefa bezpieczna). W obszarze strefy ochronnej, pomiędzy strefą zagrożenia i strefą bezpieczną, istnieje możliwość łatwego dosięgnięcia (wkroczenia) do strefy zagrożenia, co również implikuje stosunkowo wysokie ryzyko. Ponieważ okresowe wyeliminowanie zagrożenia przez zatrzymanie operacji technologicznej będącej jego źródłem również doprowadza do sytuacji bezpiecznej, należy wykrywać obecność człowieka lub części jego ciała (np. palców, dłoni) począwszy od granicy strefy ochronnej i z chwilą ich wykrycia zatrzymać działanie maszyny (tzw. ochrona odległościowa). Kształt i wymiary strefy ochronnej powinny być ustalane

na podstawie największej spodziewanej prędkości wnikania do strefy ochronnej, czasu zatrzymywania operacji technologicznej, czasu zadziałania wyposażenia ochronnego nadzorującego dostęp do tej strefy oraz parametrów charakterystycznych wyposażenia ochronnego, związanych z wykrywaniem człowieka lub części jego ciała (wymagania wg PN-EN 999:2002).

Ochrona odległościowa stosowana jest w operacjach technologicznych wymagających częstego, regularnie powtarzanego dostępu do strefy zagrożenia (np. wkładanie i wyjmowanie obrabianego materiału) i tam, gdzie można prawidłowo wyznaczyć strefę ochronną oraz odpowiednio nadzorować do niej dostęp. Jeżeli te warunki nie są spełnione, to możliwym rozwiązaniem jest zastosowanie odpowiedniej osłony z urządzeniem blokującym uruchomienie i powodującym zatrzymanie operacji technologicznej w czasie jej otwarcia (blokada) lub uniemożliwiającej jej otwarcie podczas trwania operacji technologicznej (ryglowanie). Ta metoda ochrony zakłada odizolowanie operatora od zagrożenia przez zastosowanie odpowiednio skutecznej przegrody.

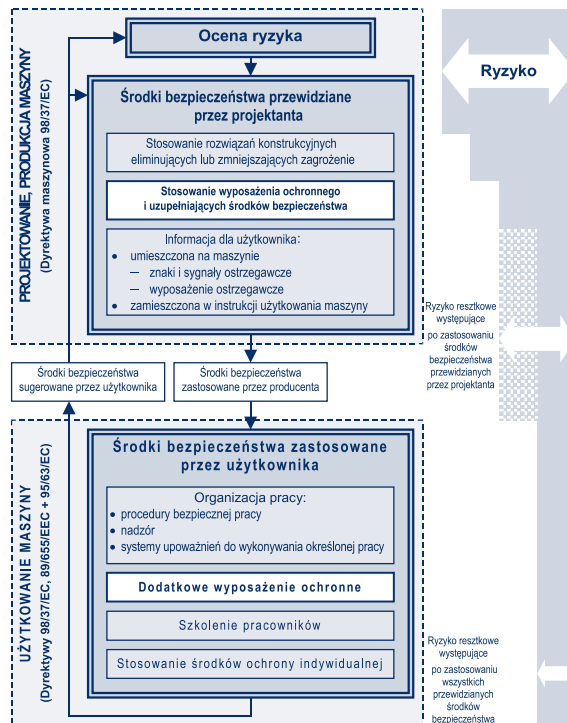
Stosowane są także uzupełniające środki bezpieczeństwa w postaci wyposażenia do zatrzymywania awaryjnego, pozwalającego na ręczne przerwanie operacji technologicznej stwarzającej zagrożenie.

Struktura i zadania typowego ESSZB

Przedstawione metody ochrony przed zagrożeniami wymagają zastosowania odpowiedniego wyposażenia ochronnego współpracującego z systemem sterowania i elementami wykonawczymi. **Całość instalacji określana jest terminem ESSZB.** W nowo projektowanych maszynach, powstających zgodnie z przepisami dyrektywy maszynowej 98/37/WE, ESSZB stanowi integralną część maszyny. Możliwe jest również zastosowanie ESSZB do maszyn znajdujących się w użytkowaniu, jako dodatkowego wyposażenia ochronnego.

W ogólnej strukturze typowego ESSZB (rys. 2.) występują następujące elementy:

– **czujniki** – są to urządzenia generujące sygnał wejściowy dla sterownika; w ochronie odległościowej jest to wyposażenie służące do wykrywania człowieka lub części jego ciała; w ochronie za pomocą osłon z urządzeniami blokującymi są to czujniki monitorujące stan operacji technologicznej (np. czujniki ruchu obrotowego części



Rys. 1. Schemat działań związanych z zapewnieniem bezpieczeństwa przy maszynie

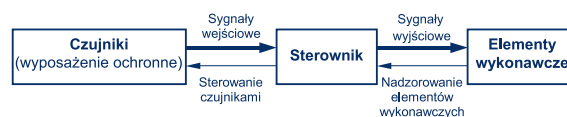
maszyny); w przypadku zatrzymywania awaryjnego jest to element wyłącznika

– **sterownik** – jest to układ generujący na podstawie sygnałów wejściowych odpowiednie sygnały wyjściowe, zgodnie z założoną funkcją bezpieczeństwa; w najprostszych realizacjach ESSZB element sterownika może być zastąpiony bezpośrednim sprzężeniem czujnika z elementem wykonawczym

– **elementy wykonawcze** – są to elementy przekształcające sygnały wyjściowe na odpowiednie działania wpływające na przebieg operacji technologicznej (zatrzymanie operacji w ochronie odległościowej i po użyciu przycisku zatrzymywania awaryjnego) lub możliwość otwarcia osłon.

ESSZB może być wykonane w różnych technologiach. Obecnie najpowszechniej stosowane są realizacje elektromechaniczne, elektroniczne i elektronicznie programowalne. Możliwe są także realizacje mechaniczne, pneumatyczne, hydrauliczne i inne.

Podstawowym zadaniem ESSZB jest realizacja funkcji bezpieczeństwa. Funkcją bezpieczeństwa jest relacja definiująca związek pomiędzy sygnałami wejściowymi i wyjściowymi określony w celu umożliwienia maszynie osiągnięcia stanu bezpieczeństwa.



Rys. 2. Ogólna struktura ESSZB

Wyróżniane są **krytyczne funkcje bezpieczeństwa** (ich utrata powoduje natychmiastowy wzrost ryzyka wypadkowego) i **funkcje wspomagające bezpieczeństwo** (ich utrata powoduje zmniejszenie skuteczności realizacji związanej z nią krytycznej funkcji bezpieczeństwa). Przykładem krytycznej funkcji bezpieczeństwa jest zatrzymywanie maszyny w sytuacji naruszenia strefy wykrywania elektroczułego wyposażenia ochronnego. Przykładem wspomagającej funkcji bezpieczeństwa jest np. automatyczne monitorowanie poprawności pracy hamulców elementów napędowych. W rzeczywistych strukturach ESSZB mogą być realizowane także wewnętrzne funkcje kontrolne i sterownicze, a w celu zwiększenia pewności działania mogą być zastosowane struktury wielokanałowe.

Techniczną realizację ochrony odległościowej umożliwia wyposażenie ochronne przeznaczone do wykrywania człowieka lub części jego ciała. Są to następujące rodzaje urządzeń:

- elektroczułe urządzenia ochronne – kurtyny i promienie świetlne, skanery laserowe
- urządzenia ochronne czułe na nacisk – maty i podłogi czułe na nacisk, obrzeża i listwy czułe na nacisk, zderzaki, płytki, linki i inne urządzenia czułe na nacisk
- oburęczne urządzenia sterujące.

W ochronie odległościowej wyposażenie ochronne nie pełni funkcji bezpieczeństwa samoistnie, lecz stanowi część czujnikową ESSZB, która umożliwia stwierdzenie obecności człowieka lub części jego ciała w charakterystycznej dla poszczególnych rodzajów wyposażenia strefie wykrywania. W tym przypadku praktycznie realizowane funkcje bezpieczeństwa są dwójakiego rodzaju:

– po wykryciu obecności człowieka lub części jego ciała w strefie ochronnej następuje zatrzymanie procesu technologicznego oraz blokada jego wznowienia w czasie utrzymywania tej obecności

– umożliwienie inicjacji i ewentualnie kontynuacji procesu technologicznego po stwierdzeniu obecności operatora maszyny (lub np. jego rąk) w określonym położeniu. Zainicjowanie procesu może wtedy odbyć się tylko z określonego miejsca (uznanego za zapewniające bezpieczeństwo dla operatora) i zwykle w określony sposób (np. przez równoczesne aktywowanie elementów sterowniczych dwoma rękoma). Należy zauważyć, że ten

rodzaj funkcji bezpieczeństwa bierze pod uwagę wyłącznie operatora maszyny, a pomija osoby postronne, co w przypadku procesów z wysokim ryzykiem wypadkowym jest często niewystarczające i wymaga uzupełnienia środków bezpieczeństwa o takie, które realizują funkcję bezpieczeństwa pierwszego rodzaju.

Różne usytuowanie strefy wykrywania wyposażenia ochronnego, może zostać wykorzystane do:

- stwierdzania obecności w strefie ochronnej lub strefie zagrożenia – ten rodzaj wykrywania generuje informację wejściową do sterownika odpowiadającą faktycznej obecności człowieka lub części jego ciała w nadzorowanym obszarze
- stwierdzania wkroczenia (wniknięcia) do strefy ochronnej lub strefy zagrożenia – ten rodzaj wykrywania generuje sygnał wyjściowy o obecności człowieka lub części jego ciała tylko w momencie przekraczania granicy nadzorowanego obszaru; zastosowanie tego rodzaju wykrywania wiąże się z ryzykiem niewykrycia osoby w nadzorowanym obszarze, która znalazła się tam, gdy funkcja ochronna była nieaktywna.

W ochronie za pomocą osłon z urządzeniami blokującymi i ryglującymi, funkcja bezpieczeństwa zwykle polega na zatrzymywaniu i blokowaniu możliwości uruchomienia operacji technologicznej w czasie otwarcia osłony lub uniemożliwianiu jej otwarcia do czasu zatrzymania operacji technologicznej stwarzającej zagrożenie.

Wymagania dotyczące ESSZB

Zapewnienie bezpieczeństwa środkami sterowania zostanie faktycznie osiągnięte jedynie wówczas, gdy wprowadzone rozwiązanie rzeczywiście ograniczy prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia zagrażającego, „przeciwno” któremu je użyto. Wymaga to zastosowania wielu zasad i procedur w fazie projektowania ESSZB oraz późniejszej sumiennej kontroli funkcjonowania w czasie użytkowania maszyny.

Projektowanie ESSZB rozpoczyna się w momencie podjęcia decyzji o redukcji ryzyka środkami sterowania. W początkowej fazie projektowania powinny zostać określone funkcje bezpieczeństwa oraz punkty w systemie sterowania maszyny, w których będą się zaczynać i kończyć elementy związane z bezpieczeństwem.

Podstawowe wymagania odnoszące się do ESSZB stosowanych w maszynach sformułowano w normie PN-EN 954-1:2001. Jednym z najważniejszych jest wymaganie zapewnienia odpowiedniej odporności na defekty oraz zachowania się w przypadku defektu. W tym celu wprowadzono klasyfikację ESSZB na kategorie.

Kategoria B – obejmuje systemy sterowania zaprojektowane i wykonane zgodnie z obowiązującymi przepisami i normami, dostosowane do procesu technologicznego w zakresie intensywności wykorzystania, odporności na warunki środowiskowe i odporności na czynniki związane z procesem. Wymagania kategorii B dotyczą również pozostałych kategorii.

Kategoria 1. – dodatkowo wymaga zastosowania w projektowaniu i budowie powszechnie uznanych zasad oraz elementów sprawdzonych w praktyce.

Kategoria 2. – niezbędne jest dokonywanie kontroli funkcjonowania ESSZB w momencie uruchomienia i okresowo z częstotliwością zależną od konkretnego zastosowania.

Kategoria 3. – wymagane jest wykrywanie pojedynczych defektów w sposób zapobiegający utracie funkcji bezpieczeństwa. Dopuszczalna jest utrata funkcji bezpieczeństwa w przypadku kumulacji defektów.

Kategoria 4. – wymagane jest wykrywanie pojedynczych defektów przed lub w czasie kolejnej aktywacji funkcji bezpieczeństwa, a gdy jest to niemożliwe, należy zapewnić utrzymanie funkcji bezpieczeństwa w sytuacji akumulacji defektów.

Proces doboru kategorii ESSZB pozwala ustalić wymagania wobec poszczególnych elementów struktury układu (czujników, sterownika, elementów wykonawczych) i ustalić wzajemne relacje między nimi. Powinien on uwzględniać zakładany stopień redukcji ryzyka (określony na podstawie przeprowadzonej oceny ryzyka) oraz wskazać optymalny wariant realizacji ESSZB, również ze względu na koszt jego wykonania. Im bardziej redukcja ryzyka jest zależna od ESSZB, tym wyższa kategoria odporności na defekty powinna zostać zastosowana.

W każdej fazie projektowania ESSZB należy prowadzić weryfikację, w celu upewnienia się czy zostały spełnione wymagania określone w poprzedniej fazie. Całość projektu należy poddać walidacji w celu wykazania, że w odniesieniu do każdego z elementów spełnione są wszystkie wymagania dotyczące ustalonej kategorii oraz występują właściwości związane z bezpieczeństwem ustalone w racjonalnym projektowaniu. Walidacja powinna być wykonana przez analizy i badania według przygotowanego planu.

Wymagania dotyczące wyposażenia ochronnego zamieszczono w normach:

– PN-EN 61496-1:2001, PN-EN 61496-2:2002, PN-EN 61496-3:2002(U) (elektroczułe wyposażenie ochronne)

– PN-EN 1760-1:2002, PN-EN 1760-2:2002(U), prEN 1760-3 (urządzenia ochronne czułe na nacisk)

– PN-EN 574:1999 (oburęczne urządzenia sterujące)

– PN-EN 1088:2001 (osłony z urządzeniami blokującymi i ryglującymi)

– PN-EN 418:1999 (wyposażenie do zatrzymywania awaryjnego).

Należy zwrócić uwagę, że wyposażenie ochronne przeznaczone do wykrywania człowieka lub części jego ciała może znaleźć zastosowanie w systemach ostrzegawczych. W systemach ostrzegawczych nie następuje wyeliminowanie zagrożenia przez osiągnięcie stanu bezpiecznego maszyny, a jedynie wygenerowanie sygnału o naruszeniu zasad bezpieczeństwa (np. sygnał dźwiękowy po wkroczeniu do strefy zabronionej), ponieważ nie pełnią one funkcji sterowniczych. W tym przypadku nie można mówić o implementacji funkcji bezpieczeństwa, dlatego też systemy ostrzegawcze nie podlegają wymaganiom dotyczącym ESSZB.

Eksploatacja ESSZB

ESSZB powinny być projektowane i wykonywane jako układy bardzo dokładnie przemyślane, z zachowaniem szczególnej staranności i z wykorzystaniem odpowiednio dobranych elementów. Z tego powodu w czasie eksploatacji maszyny nie należy samowolnie dokonywać w nich zmian, a bieżącą konserwację tych układów należy powierzyć odpowiednio przeszkolonym specjalistom. Ewentualna wymiana elementów powinna być dokonywana wyłącznie na oryginalne; stosowanie zamienników bez dokładnej analizy ich wpływu na parametry układu jest niedozwolone.

W ochronie odległościowej niezwykle ważne jest usytuowanie wyposażenia ochronnego. Powinno ono wykrywać człowieka lub części jego ciała w odległości nie mniejszej niż odległość bezpieczeństwa i być tak umieszczone, by w maksymalnym stopniu wyeliminować możliwość obejścia jego funkcji. Z tego względu nie należy zmieniać jego położenia i blokować działania.

Na wyznaczenie odległości bezpieczeństwa mają wpływ: czas zadziałania wyposażenia ochronnego, czas zatrzymywania operacji technologicznej, maksymalna w danych warunkach prędkość zbliżania się części ciała człowieka do strefy zagrożenia oraz próg wykrywania. Czas zadziałania oraz próg wykrywania są parametrami charakterystycznymi wyposażenia ochronnego, które nie powinny ulegać zmianie przez nastawianie lub jego wymianę na inne. W wielu przypadkach szczególnej kontroli należy poddawać czas zatrzymywania realizowanego przez maszynę procesu technologicznego, który nie jest zależny od funkcjonowania ESSZB. Przykładowo, jeżeli w maszynie zastosowano hamulec do zatrzymywania napędu, to jego nadmierne zużycie może być przyczyną wydłużenia się czasu zatrzymywania maszyny. W tym przypadku, pomimo sprawnie działającego ESSZB, nie będzie zachowana odległość bezpieczeństwa i ochrona odległościowa stanie się nieskuteczna.

W trakcie eksploatacji maszyny należy poddawać systematycznej kontroli realizację funkcji bezpieczeństwa przez ESSZB. Do tej kontroli należy stosować próbki testowe odpowiednie do zastosowanego wyposażenia ochronnego i za ich pomocą dokonywać aktywowania funkcji ochronnej. Przykładowo, za pomocą próbki testowego dostarczonego do kurtyny świetlnej wprowadzanego do jej strefy wykrywania, należy sprawdzić możliwość przerwania operacji cięcia w gilotylinie. W oburęcznych urządzeniach sterujących należy sprawdzać metodą prób poszczególne funkcje bezpieczeństwa, odpowiednie dla danego typu urządzenia. W maszynach o wysokim poziomie ryzyka kontrolę realizacji funkcji bezpieczeństwa należy przeprowadzać co najmniej raz dziennie i każdorazowo po włączeniu napięcia zasilającego. Taką kontrolę powinien przeprowadzać przeszkolony pracownik, zachowując szczególną ostrożność.

*
* *

Przedstawione wymagania związane z instalacją i eksploatacją ESSZB narzucają potrzebę zajmowania się tym tematem w sposób szczególnie kompetentny i nieprzypadkowy. Dotyczy to zarówno sfery projektowania, jak również późniejszej eksploatacji maszyn, w których za-

stosowano środki ochronne powiązane z układem sterowania. Liczba maszyn z ESSZB będzie systematycznie wzrastać, dlatego też w zakładach przemysłowych należy szkolić służby eksploatacyjne i konserwacyjne w zakresie poprawnej obsługi tych urządzeń.

NORMY I PRZEPISY

[1] Dyrektywa 98/37/WE w sprawie ujednoczenia przepisów prawnych państw członkowskich dotyczących maszyn

[2] Dyrektywy 89/655/EWG i 95/63/WE – Minimalne wymagania bezpieczeństwa pracy i ochrony zdrowia podczas użytkowania przez pracowników maszyn i innych urządzeń technicznych w pracy

[3] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 3 lipca 2001 r. w sprawie wymagań zasadniczych dla maszyn i elementów bezpieczeństwa podlegających ocenie zgodności, warunków i trybu dokonywania oceny zgodności oraz sposobu oznakowania tych maszyn i elementów bezpieczeństwa. (DzU nr 127, poz. 1391)

[4] PN-EN 1050:1999 *Maszyny. Bezpieczeństwo. Zasady oceny ryzyka*

[5] PN-EN 999:2002 *Maszyny. Bezpieczeństwo – Umiejscowienie wyposażenia ochronnego ze względu na prędkość zbliżania części ciała człowieka*

[6] PN-EN 954-1:2001 *Maszyny. Bezpieczeństwo. Związane z bezpieczeństwem elementy systemów sterowania. Ogólne zasady projektowania*

[7] PN-EN 1088:2001 *Maszyny. Bezpieczeństwo. Urządzenia blokujące sprzężone z osłonami – Zasady projektowania i doboru*

[8] PN-EN 418:1999 *Maszyny. Bezpieczeństwo. Wyposażenie do zatrzymywania awaryjnego; aspekty funkcjonalne – Zasady projektowania*

[9] PN-EN 61496-1:2001 *Bezpieczeństwo maszyn. Elektroczułe wyposażenie ochronne. Wymagania ogólne i badania*

[10] PN-EN 61496-2:2002 *Bezpieczeństwo maszyn. Elektroczułe wyposażenie ochronne. Część 2: Wymagania szczegółowe dotyczące wyposażenia wykorzystującego aktywne optoelektroniczne urządzenia ochronne (AOPD)*

[11] PN-EN 61496-3:2002(U) *Bezpieczeństwo maszyn. Elektroczułe wyposażenie ochronne. Część 3: Wymagania szczegółowe dotyczące aktywnych optoelektronicznych urządzeń ochronnych reagujących na odbite promieniowanie rozproszone (AOPDDR)*

[12] PN-EN 1760-1:2002 *Maszyny. Bezpieczeństwo. Urządzenia ochronne czułe na nacisk. Część 1: Ogólne zasady projektowania oraz badań mat i podłóg czułych na nacisk*

[13] PN-EN 1760-2:2002(U) *Maszyny. Bezpieczeństwo. Urządzenia ochronne czułe na nacisk. Część 2: Ogólne zasady projektowania oraz badań obrzeży i listew czułych na nacisk*

[14] prEN 1760-3 *Safety of Machinery – pressure sensitive protective devices. Part 3: General principles for the design and testing of pressure sensitive bumpers, wires and similar devices*

[15] PN-EN 574:1999 *Maszyny. Bezpieczeństwo. Oburęczne urządzenia sterujące. Aspekty funkcjonalne. Zasady projektowania*