

dr inż. MAREK DŹWIAREK
mgr inż. TOMASZ STRAWIŃSKI
Centralny Instytut Ochrony Pracy

Wymagania bezpieczeństwa dla wybranych urządzeń ochronnych

Rozwój nauki i techniki sprawia, że w procesach produkcyjnych stosowane są nowe maszyny i urządzenia techniczne. Ich wykorzystanie pociąga za sobą powstawanie różnego typu zagrożeń dla operatora i innych osób. Zagrożenia te mogą prowadzić do wypadków powodujących utratę zdrowia ludzi i/lub straty materialne. Zaistnienie wypadku może pociągać za sobą długotrwałe konsekwencje i związane z tym koszty, które obciążają nie tylko poszkodowanych, ale również całe społeczeństwo, szczególnie w przypadku wystąpienia trwałej utraty zdrowia. Dlatego istotnym problemem z zakresu organizacji pracy jest stosowanie środków i metod zapobiegania wypadkom. W Polsce, podobnie jak w innych krajach, praca podlega prawnej ochronie państwa. Stosowanie środków ochronnych powinno być nie tylko związane z realizacją obowiązujących przepisów, ale również skutkiem świadomej polityki zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy w zakładzie.

Postęp naukowo-techniczny dotyczy również urządzeń ochronnych. Pojawiają się nowe rozwiązania, a następnie opracowania odpowiednich wymagań formalnych związanych z ich budową, działaniem i trybem dopuszczenia do stosowania. Wymagania te mają na celu osiągnięcie odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa w przypadku poprawnego zastosowania konkretnych urządzeń ochronnych. Obecnie coraz częściej jako środki ochrony stosowane są elektroczułe urządzenia ochronne, takie jak bezdotykowe urządzenia ochronne czy urządzenia oburęcznego sterowania. Na przykładzie tych urządzeń przedstawiono obowiązujące w Polsce wymagania dotyczące bezpieczeństwa.

Bezdotykowe urządzenia ochronne (BUO) są to urządzenia wykorzystujące zmiany pola optycznego, elektrostatycznego, elektromagnetycznego lub innego rodzaju. Wykrywają one obecność części ciała człowieka lub przedmiot w polu ich działania. Do BUO należą urządzenia

ochronne: optoelektroniczne, ultradźwiękowe, pojemnościowe, mikrofalowe i inne. Są one najczęściej stosowane jako środki ochrony zbiorowej i instalowane w pobliżu linii produkcyjnych, stanowisk robotów, obszarów gdzie występują zagrożenia mechaniczne, chemiczne, promieniowaniem itp. Ich podstawowym zadaniem jest zasygnalizowanie naruszenia strefy detekcji do innych urządzeń (zwykle w celu wstrzymania ruchu maszyn i alarmowania). Duża różnorodność konstrukcji, jak również znaczne możliwości tych urządzeń powodują, że zakres ich zastosowań jest coraz szerszy. BUO dzielimy na urządzenia aktywne (generujące własny sygnał kontrolny) oraz bierne (wykorzystujące sygnał pochodzący z otoczenia). Ogólną klasyfikację bezdotykowych urządzeń ochronnych przedstawiono na rys. 1.

Urządzenia oburęcznego sterowania (UOS) to urządzenia, które umożliwiają niebezpieczny ruch maszyny tylko przy

Praca wykonana w ramach Strategicznego Programu Rządowego pn. „Bezpieczeństwo i ochrona zdrowia człowieka w środowisku pracy” dofinansowanego przez Komitet Badań Naukowych

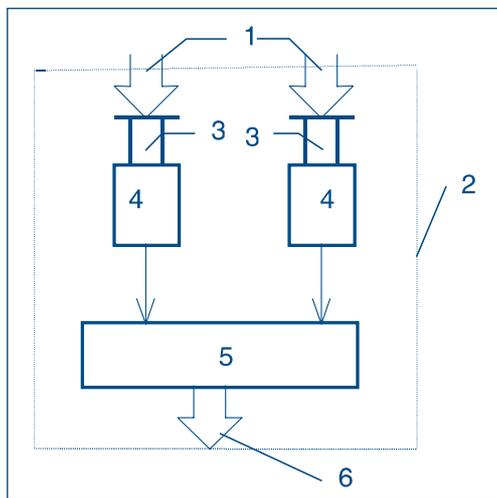
jednoczesnym zadziałaniu obu rękami na elementy sterownicze. Pełnią one funkcje sterownicze i jednocześnie są środkiem ochrony pojedynczego operatora maszyny, ponieważ zwolnienie jednego elementu sterowniczego powoduje zatrzymanie maszyny. Zazwyczaj są one stosowane do inicjowania ruchu roboczego maszyn o wysokim poziomie ryzyka, takich jak: prasy, młoty, krawędziarki, zaginarki itp. Od sprawności funkcjonowania UOS zależy zdrowie, a często i życie operatora. Ich konstrukcja powinna zapewniać poprawność funkcjonowania – nawet w najtrudniejszych warunkach użytkowania. Powinna być odporna na warunki środowi-



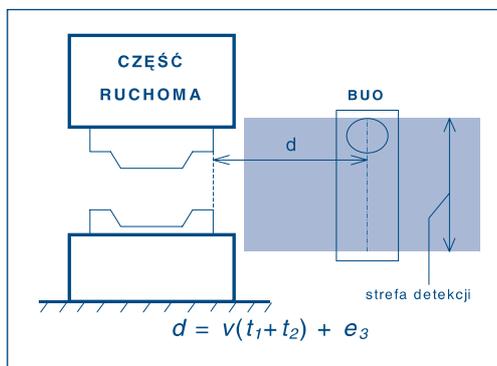
Rys. 1. Klasyfikacja bezdotykowych urządzeń ochronnych

ska eksploatacji oraz nie powodować sytuacji niebezpiecznych w razie uszkodzenia.

Stosowane UOS mają zazwyczaj konstrukcję opartą na technologii elektromechanicznej lub elektronicznej. Dopuszczalne są rozwiązania pneumatyczne, hydrauliczne, elektrooptyczne i inne, lecz mają one obecnie niewielkie znaczenie praktyczne. Schemat funkcjonalny UOS pokazano na rys. 2.



Rys. 2. Schemat funkcjonalny urządzenia oburęcznego sterowania: 1 – sygnały wejściowe, 2 – urządzenie oburęcznego sterowania, 3 – element sterowniczy, 4 – konwerter sygnału, 5 – procesor sygnału, 6 – sygnał wyjściowy



Rys. 3. Wyznaczanie odległości bezpieczeństwa, gdzie: d – odległość bezpieczeństwa, t_1 – czas zadziałania BUO, t_2 – czas zatrzymania elementu ruchomego, e_3 – stała zależna od czułości BUO, v – prędkość ruchu części ciała człowieka, dla ręki przyjmuje się $v < 2000$ mm/s

WARUNKI SKUTECZNEJ REALIZACJI FUNKCJI OCHRONNEJ

Zarówno BUO, jak i UOS zaliczają się do grupy odległościowych urządzeń ochronnych, ponieważ ich działanie ochronne realizowane jest poprzez nadzorowanie odległości człowieka od strefy niebezpiecznej. Skuteczna realizacja funkcji ochronnych w tym przypadku wymaga spełnienia następujących warunków:

1. Dobór odpowiedniego rodzaju urządzenia do warunków środowiskowych i występujących zagrożeń
2. Właściwe usytuowanie urządzenia ochronnego
3. Zastosowanie urządzeń o potwierdzonych parametrach

Realizacja pierwszego warunku spoczywa na projektantach instalacji ochronnych, których wiedza i doświadczenie powinny być odpowiednie do realizowanego zadania.

W zakresie drugiego warunku istnieją ogólne zasady ustalania tzw. odległości bezpieczeństwa [1], [2] i [3]. Opierają się one na znajomości czasu zadziałania urządzenia ochronnego, a w przypadku BUO także na jego czułości. Przykład wyznaczenia odległości bezpieczeństwa dla kurtyny świetlnej współpracującej z prasą przedstawiono na rys. 3.

Trzeci warunek skutecznej realizacji funkcji ochronnych związany jest z odpowiednimi przepisami prawnymi. Zgodnie z ustawą z 3 kwietnia 1993 r. o badaniach i certyfikacji (Dz.U. nr 55, poz. 250, zm. 1999 r. Dz.U. nr 70, poz. 776) oraz zarządzeniem dyrektora Polskiego Centrum Badań i Certyfikacji ustalającym wykaz wyrobów podlegających obowiązkowi certyfikacji na znak bezpieczeństwa B, bezdotykowe urządzenia ochronne oraz urządzenia oburęcznego sterowania powinny być badane i oceniane przez jednostki niezależne (certyfikowane). Badania takie przeprowadza w Polsce Centralny Instytut Ochrony Pracy, który dysponuje akredytowanymi procedurami i stanowiskami badawczymi. Certyfikat wydawany jest na podstawie zbadania zgodności urządzenia z wymaganiami bezpie-

czeństwa sformułowanymi w kryteriach oceny zatwierdzonych przez Radę Zarządzającą CIOP. Kryteria te opracowane zostały na podstawie norm dotyczących tych urządzeń i są zgodne z wymaganiami stosowanymi w Unii Europejskiej.

Zasady stosowania urządzeń ochronnych przedstawiono w [4].

OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA BEZDOTYKOWYCH URZĄDZEŃ OCHRONNYCH

Działanie bezdotykowych urządzeń ochronnych polega na monitorowaniu strefy detekcji, tj. obszaru, w którym wykrywana jest obecność próbnika testowego. Naruszenie tej strefy wywołuje zmianę stanu sygnału wyjściowego BUO.

W kurtynie świetlnej strefa detekcji rozciąga się pomiędzy nadajnikiem a odbiornikiem, które zawierają wiele kanałów optycznych. Wymiary strefy detekcji określone są wymiarami nadajnika i odbiornika oraz odległością między nimi. Rozdzielczość urządzenia wynika z liczby kanałów optycznych przypadających na jednostkę długości. Czułość kurtyny świetlnej określana jest najmniejszym wymiarem wykrywanego przedmiotu i zazwyczaj odpowiada odległości między kanałami optycznymi. Strefa detekcji może być usytuowana w płaszczyźnie pionowej lub poziomej. Może też być załamywana za pomocą dodatkowych lusterek.

Skanery laserowe stanowią najnowszą generację bezdotykowych urządzeń ochronnych. Ich zasada działania opiera się na skanowaniu płaszczyzny detekcji przez promień laserowy i pomiarze odległości od obiektów ograniczających tę płaszczyznę. Możliwe jest nie tylko wykrycie naruszenia strefy detekcji, lecz również określenie miejsca (położenie katowe i odległość od skanera) gdzie ono nastąpiło, co pozwala na zdefiniowanie kilku stref sygnalizacji. Zwykle określa się podstawową strefę detekcji, której naruszenie oznacza wkroczenie do strefy zagrożenia i jest sygnalizowane zmianą stanu podstawowych sygnałów wyjściowych oraz strefę ostrzegawczą znajdującą się na

zewnątrz podstawowej strefy detekcji. Rozdzielczość skanera określa się liczbą pomiarów odległości przypadających na kąt obrotu elementu skanującego. Czułość urządzenia jest zależna od odległości od skanera i zazwyczaj podawana jest dla maksymalnego zasięgu strefy detekcji.

Dla kurtyn świetlnych i skanerów laserowych istnieją w Unii Europejskiej normy przedmiotowe ([13] i [14] – dla skanerów jest to jeszcze projekt normy). Prowadzone są prace nad wprowadzeniem tych norm w Polsce, dlatego też można już obecnie stosować kryteria w nich zawarte do oceny tych wyrobów.

W systemie wizyjnym do obserwacji kontrolowanego obszaru wykorzystywana jest kamera CCD. Oko kamery podzielone jest na piksele, których liczba określa rozdzielczość urządzenia. Obraz z kamery przesyłany jest sekwencyjnie do komputera przetwarzającego. Czułość systemu wizyjnego związana jest z ogniskową obiektywu kamery, odległością od kamery oraz z algorytmem przetwarzania obrazu. Strefa detekcji systemu wizyjnego ma charakter przestrzenny, jej wymiary zależą od ogniskowej obiektywu, odległości od kamery i ewentualnych modyfikacji kształtu (ograniczanie pola widzenia) dokonywanych programowo.

Pasywne czujniki podczerwieni zawierają wielopolowy element fotooptyczny reagujący na promieniowanie podczerwone. Czujnik zdolny jest wykrywać różnicę temperatur obserwowanych przez poszczególne pola i na tej podstawie stwierdzać obecność człowieka w polu widzenia. Jego rozdzielczość i czułość wynikają z konstrukcji układu optycznego i odległości od człowieka – są wyrażane relatywnie dużymi wielkościami. Pozwalają one na wykrywanie ciała ludzkiego, lecz nie części ciała oraz nie wykrywają przedmiotów o temperaturze zbliżonej do temperatury otoczenia. Z tego względu znajdują zastosowanie głównie w systemach alarmowych.

Obecnie brak jest w Unii Europejskiej i Polsce norm przedmiotowych dla systemów wizyjnych i pasywnych czujników

podczerwieni. Badania tych urządzeń można wykonać na podstawie normy ogólnej [12].

Wspólnym i bardzo istotnym parametrem dla wszystkich bezdotykowych urządzeń ochronnych jest czas zadziałania (reakcji), mierzony od momentu pojawienia się obiektu w strefie detekcji do chwili zmiany stanu sygnału wyjściowego sygnalizującego ten fakt.

Ogólne informacje dotyczące parametrów i wymagań dla BUO scharakteryzowane zostały w [5–11].

NORMY DOTYCZĄCE BEZDOTYKOWYCH URZĄDZEŃ OCHRONNYCH

Jak już wspomniano, w Polsce do oceny wyrobów stosowane są kryteria pochodzące z norm Unii Europejskiej. Przedstawimy je poniżej.

Podstawową normą formułującą wymagania dla wszystkich rodzajów bezdotykowych urządzeń ochronnych jest norma [12]. Wymagania szczególne dla urządzeń optoelektronicznych opisane są w [13]. Są to wymagania wynikające z rodzaju zastosowanej metody wykrywania naruszenia pola czułości. Dodatkowe wymagania dla urządzeń reagujących na promieniowanie odbite zawiera dokument [14]. Normy [12], [13] i [14] przywołują wymagania wielu innych dokumentów. Najważniejsze z nich to [15] i [16].

Wymagania normy EN-IEC 61496-1:1997

Norma EN-IEC 61496-1:1997 jest podstawową normą określającą ogólne wymagania i metody badań bezdotykowych urządzeń ochronnych. Jest to norma typu B, dotycząca grupy wyrobów.

Wprowadza ona podział urządzeń na cztery typy w zależności od ich odporności na występowanie defektów. Odpowiadają one różnym kategoriom bezpieczeństwa zdefiniowanym we wprowadzonej w 1997 r. normie [15]. Dzieli ona urządzenia na 5 kategorii w zależności od ich zachowania się w warunkach defektu. Do-

datkowe informacje na ten temat można znaleźć w [17] i [18].

Zakres wymagań przedstawionych w [12] obejmuje:

– wymagania funkcjonalne: są to wymagania odnoszące się do realizacji funkcji bezpieczeństwa w warunkach normalnych, efektywności funkcji czułości oraz czasu zadziałania;

– wymagania projektowe: obejmują one ogólne zasady konstruowania bezdotykowych urządzeń ochronnych, tak aby były one przystosowane do pracy w warunkach przemysłowych. Dotyczą one:

- zakresu zmian napięć zasilających,
- odporności na występowanie defektów, w tym zakresie przywoływana jest norma [15],
- wyposażenia elektrycznego, w tym doboru podzespołów, ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym, zabezpieczenia przed przetężeniem, stopnia zanieczyszczeń, przewodowania itp., w tym zakresie przywoływana jest norma [16],
- konstrukcji urządzeń przełączających sygnały wyjściowe,
- wskaźników świetlnych i wyświetlaczy,
- środków regulacji i odłączania podzespołów,
- stosowania złożonych i programowalnych układów elektronicznych,
- zasad opracowywania oprogramowania;

– wymagania środowiskowe: określają one wymaganą odporność urządzenia na wpływy środowiska przemysłowego:

- klimatyczne (temperatura i wilgotność),
- elektryczne, w tym zakłócenia i przerwy w napięciach zasilających oraz kompatybilność elektromagnetyczna,
- mechaniczne (drgania i udary),
- stopień ochrony obudowy (co najmniej IP54),

– oznakowanie i identyfikację dla bezpiecznego użytkownika,

– dokumentację towarzyszącą.

W Załączniku A do normy podany jest przegląd funkcji opcjonalnych, które

ewentualnie można uwzględnić przy projektowaniu urządzenia. Przewiduje się następujące funkcje opcjonalne:

- blokada startu,
- blokada restartu,
- dodatkowe urządzenia przełączające sygnałów wyjściowych,
- monitorowanie urządzeń zewnętrznych,
- czasowe zawieszenie funkcji czułości,
- kontrola wykonania zatrzymania ruchu niebezpiecznego,
- uruchamianie cyklu roboczego.

Wymagania normy EN-IEC 61496-2:1997

Wymagania szczególne odnoszące się do aktywnych urządzeń optoelektronicznych zawiera część druga normy EN-IEC 61496. Są to dodatkowe wymagania wynikające ze specyfiki technik optycznych i dotyczą one wymagań: funkcjonalnych, projektowych, środowiskowych.

Dodatkowe wymagania funkcjonalne dotyczą strefy detekcji oraz funkcji czułości w całym obszarze tej strefy przy wnikaniu z różnymi prędkościami oraz pod różnymi kątami.

Dodatkowe wymagania projektowe odnoszą się do odporności na występowanie luster, odbicia i rozproszenie światła, wzajemne oddziaływanie dwu sąsiadujących urządzeń, długości fali oraz natężenia

generowanego światła. Wymagania środowiskowe określają odporność na występowanie zewnętrznego oświetlenia zakłócającego.

Projekt normy EN-IEC 61496-3

Projekt części trzeciej normy EN-IEC 61496 zawiera wymagania szczególne odnoszące się do aktywnych optoelektronicznych urządzeń ochronnych reagujących na rozproszone promieniowanie odbite. Norma ta będzie obejmowała między innymi laserowe urządzenia skanujące.

OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA URZĄDZEŃ OBURĘCZNEGO STEROWANIA

Podstawową właściwością funkcjonalną UOS decydującą o realizacji zarówno funkcji sterujących, jak i ochronnych jest oddziaływanie oburęczne (lub czasem nogami) na dwa elementy sterownicze w tym samym czasie i bez przerw. Wyjściowy sygnał sterujący wykorzystywany jest do uruchomienia niebezpiecznego ruchu maszyny. Rozróżniane są dwie wersje urządzenia: o działaniu jednoczesnym i o działaniu synchronicznym (istotne jest tu opóźnienie między jednym a drugim sygnałem sterującym) (rys. 4). W przypadku

zastosowania UOS niebezpieczny ruch maszyny jest możliwy tylko wtedy, gdy obie ręce operatora spoczywają na elementach sterowniczych, czyli gdy kontrolowane jest ich położenie. Wymagania zawarte w [19] zalecają konstruowanie urządzeń synchronicznych, gdzie dopuszczalny czas opóźnienia między jednym a drugim sygnałem sterującym nie przekracza 0,5 s. Wymagania synchronicznego uruchamiania elementów sterowniczych zapobiega obejściu funkcji ochronnej urządzenia, które mogłoby mieć miejsce w razie jednoczesnego uruchomienia obu elementów sterowniczych przez dwie osoby.

Istotne znaczenie ma także kasowanie sygnału

wyjściowego. Powinno ono następować zawsze po zniknięciu dowolnego sygnału wejściowego. Kasowanie sygnału wyjściowego realizuje funkcję ochronną UOS polegającą na zatrzymaniu ruchu niebezpiecznego przy braku kontroli położenia rąk operatora.

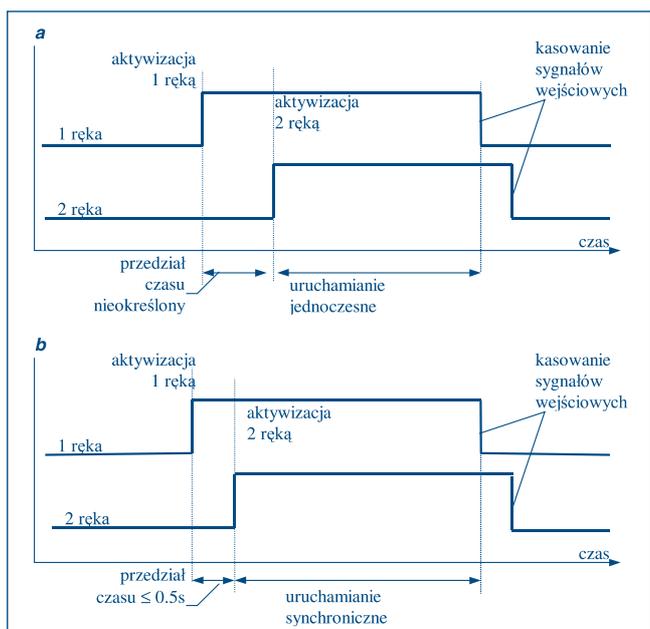
Ponowne pojawienie się sygnału wyjściowego powinno być możliwe tylko po skasowaniu obu sygnałów wejściowych i ponownej ich aktywizacji. Właściwość tę nazywamy blokadą powtórnego uruchomienia. Zapobiega ona przekształceniu oburęcznego urządzenia sterującego w jednoręczne urządzenie sterujące, np. przez zablokowanie jednego z elementów sterowniczych i uniemożliwia obejście w ten sposób funkcji ochronnych UOS.

Istotnym parametrem UOS jest również jego czas zadziałania. Jest to maksymalny czas, jaki upływa od zwolnienia dowolnego z elementów sterowniczych do zaniku sygnału wyjściowego, niezależnie od warunków jego pracy przewidzianych przez projektanta. Czas ten decyduje o sposobie usytuowania urządzenia w stosunku do strefy niebezpiecznej i ma wpływ na odległość bezpieczeństwa. Szczegółowe informacje o metodach ustalania odległości bezpieczeństwa dla oburęcznych urządzeń ochronnych można znaleźć w [1], [19] i [20]. Wymagania bezpieczeństwa dla OUS przedstawiono również w [21].

ZABEZPIECZENIE PRZED OBEJŚCIEM I PRZYPADKOWYM URUCHOMIENIEM

Skuteczność realizacji funkcji ochronnych UOS zależy od stopnia utrudnienia jego obejścia. Istotne jest zwłaszcza zapobieganie przekształceniu oburęcznego urządzenia sterującego w urządzenie jednoręczne. Utrudnienie polega na odpowiednim zaprojektowaniu i rozmieszczeniu elementów sterowniczych. Dobór środków zapobiegawczych zależy od przewidywanych zastosowań urządzenia oraz sposobu jego instalowania. Norma [19] rozpatruje następujące możliwości obejścia funkcji ochronnych OUS:

- obejście z użyciem palców jednej kończyny górnej
- obejście z użyciem palców jednej kończyny górnej
- obejście z użyciem dłoni i łokcia tej samej kończyny
- obejście z użyciem przedramienia/ przedramion lub łokcia/łokci



Rys. 4. Porównanie uruchamiania jednoczesnego i synchronicznego: a – uruchamianie jednoczesne, b – uruchamianie synchroniczne

– obejście z użyciem kończyny górnej i innej części ciała, np. kolana, biodra itp. Wymagania dotyczące UOS przedstawiono w tab. 1.

Wymagania te opisano szczegółowo w [19]. Norma ta wprowadza także podział urządzeń na typy określające ich zdolność do realizacji funkcji ochronnych. Dobór typu urządzenia w danym zastosowaniu zależy od oceny ryzyka na stanowisku pracy. Im poziom ryzyka jest wyższy, tym ostrzejsze są wymagania dotyczące konstrukcji urządzenia. Minimalne właściwości konstrukcyjne urządzeń poszczególnych typów przedstawiono w tab. 2.

UOS powinno być także oznakowane znakiem zgodności z normą wraz z określeniem jego typu. Przykład takiego oznakowania podano na rys.

EN 574: Type IIIC

PIŚMIENNICTWO

- [1] EN 999:1997 *Safety of machinery: Approach speed of part of the body; The positioning of safety devices*
- [2] Kowalewski S.: *Elektroczułe urządzenia ochronne. Zasady doboru, instalacji i eksploatacji*. Bezpieczeństwo Pracy 11-12/94
- [3] Guidance Note PM41 from the Health and Safety Executive *The application of electric safety systems to machinery*, July 1984
- [4] Dźwiarek M.: *Zasady stosowania urządzeń ochronnych według wymagań polskich i europejskich*. Pomiary, Automatyka, Robotyka 11/99

Tabela 2
ZAKRES MINIMALNYCH WYMAGAŃ BEZPIECZEŃSTWA DLA RÓŻNYCH TYPÓW OUS

Minimalne wymagania	Typy				
	I	II	III		
			A	B	C
Użycie obu rąk (uruchamianie jednoczesne)	x	x	x	x	x
Powiązanie sygnału wyjściowego z wejściowym	x	x	x	x	x
Kasowanie sygnału wyjściowego	x	x	x	x	x
Zabezpieczenie przed przypadkowym uruchomieniem	x	x	x	x	x
Zabezpieczenie przed obejściem	x	x	x	x	x
Blokada powtórnego uruchomienia	*)	x	x	x	x
Uruchomienie synchroniczne			x	x	x
Kategoria 1 (EN 954-1)	x		x		
Kategoria 3 (EN 954-1)		x		x	
Kategoria 4 (EN 954-1)					x
*) w zależności od analizy ryzyka					

- [5] Dźwiarek M.: *Bezdotykowe urządzenia ochronne. Wymagania*. Bezpieczeństwo Pracy nr 1/95
- [6] Dźwiarek M., Kowalewski S.: *Badania bezdotykowych urządzeń ochronnych*, Seminarium System badań i certyfikacji środków ochrony indywidualnej i zbiorowej oraz maszyn i drabin, SAWO'95, Bydgoszcz 19-20 września 1995, Materiały seminaryjne
- [7] Dei-Svaldi D., Kneppert M., Vautrin J.P.: *Presence sensing systems used as protective devices*. INRS, Note Documentaire no 1044-86-77, 1995
- [8] Grigulewitsch W., Reinert D.: *Lichtschranken mit testung*. BIA-Handbuch 22.Lfg V/94
- [9] Dźwiarek M.: *Bezdotykowe urządzenia ochronne*. Pomiary, Automatyka, Robotyka 6/98
- [10] Dźwiarek M.: *Polskie wymagania bezpie-*

czeństwa dla bezdotykowych urządzeń ochronnych i urządzeń oburęcznego sterowania. Zasady stosowania urządzeń ochronnych według wymagań polskich i europejskich. CIOP 22 października, 1999

- [11] Dźwiarek M.: *Wymagania bezpieczeństwa dla kurtyn świetlnych fotoelektrycznych i urządzeń oburęcznego sterowania*. I Forum Narzędziowe, Toruń 13-15 października, Materiały konferencyjne, 1999
- [12] EN-IEC 61496-1:1997. *Safety of machinery – Electro-sensitive protective equipment – Part 1: General requirements and tests*
- [13] EN-IEC 61496-2:1997. *Safety of machinery – Electro-sensitive protective equipment – Part 2: Particular requirements for equipment using active opto-electronic protective devices*
- [14] prEN-IEC 61496-3. *Safety of machinery – Electro-sensitive protective equipment – Part 3: Particular requirements for equipment using active opto-electronic protective devices responsive to diffuse reflection*
- [15] EN 954-1:1997. *Safety of machinery – Safety – related parts of control systems – Part 1: General principles for design (identyczna z ISO-MEC DIS 13849-1)*
- [16] PN-EN 60204-1:1997 *Bezpieczeństwo maszyn. Wyposażenie elektryczne maszyn. Wymagania ogólne*
- [17] Dźwiarek M.: *Klasyfikacja systemów sterowania w zależności od zapewnianego poziomu bezpieczeństwa według EN 954-1*. Pomiary, Automatyka, Robotyka 8/97
- [18] Dźwiarek M.: *Problematyka EN 954-1 w projektowaniu systemów sterowania*. Pomiary, Automatyka, Robotyka 10/98
- [19] prPN-EN 574 *Maszyny Bezpieczeństwo – Oburęczne urządzenia sterujące; aspekty funkcjonalne – Zasady projektowania*
- [20] prEN-IEC 62046. *Safety of machinery – Application of personnel sensing protection equipment to machinery*
- [21] Dźwiarek M.: *Wymagania bezpieczeństwa dla oburęcznych urządzeń sterujących*. Bezpieczeństwo Pracy 9/97

WYMAGANIA DLA URZĄDZEŃ OBURĘCZNEGO STEROWANIA

Tabela 1

Grupa wymagań	Wymagania szczegółowe
Bezpieczeństwo obsługi	oznakowanie dokumentacja towarzysząca konstrukcja obudowy ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym stopień ochrony obudowy
Parametry użytkowe	algorytm pracy czas zadziałania jednoczesne lub synchroniczne uruchamianie niezawodność
Funkcje ochronne	zapobieganie obejściu i przypadkowemu uruchomieniu ergonomia
Wymagania środowiskowe	odporność na czynniki klimatyczne odporność na czynniki mechaniczne kompatybilność elektromagnetyczna
Zdolność ochrony	kategoria bezpieczeństwa dobór elementów