

Paweł FURDYGIEL¹, Robert DROBINA²

Opiekun naukowy: Robert DROBINA²

ROBOTY I COBOTY – WYMAGANIA PRAWNE

Streszczenie: Trudno wyobrazić sobie świat bez robotów i cobotów, które bardzo mocno ingerują i współpracują ze człowiekiem. W artykule opisano, poszczególne wymagania prawne i dyrektywy, które muszą być spełnione na stanowiskach z robotami kolaborującymi. Należy uwzględnić, że każde stanowisko musi być odpowiednio zaprojektowane przy współpracy ze człowiekiem i musi obowiązkowo posiadać tabliczkę znamionową.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo, cobot, robot, ryzyko, wymagania prawne przy integracji robotów i cobotów, zabezpieczenia, zagrożenia

ROBOTS AND COBOTS - LEGAL REQUIREMENTS

Summary: It is difficult to imagine the world without robots and cobots, which interfere and cooperate with humans very much. The difference between a robot and a cobot is that the robot must obey Asimov's laws, while a cobot can hurt a human. The article describes the individual legal requirements and directives that must be met. It should be taken into account that each workplace must be properly designed in cooperation with people and must necessarily have a nameplate.

Keywords: safety, cobot, robot, risk, legal requirements for the integration of robots and cobots, security, danger

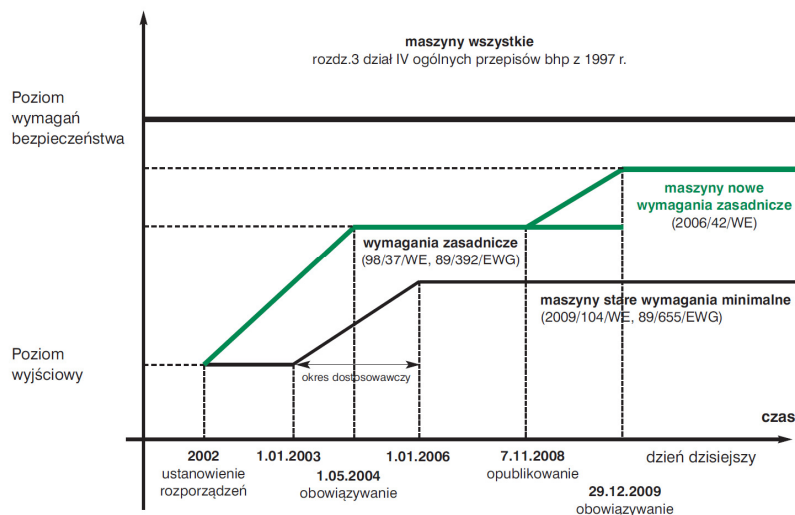
1. Maszyna nieukończona i ukończona

Współcześnie w przedsiębiorstwach produkcyjnych wyposażenie w zespół maszyn i urządzeń odbywa się poprzez dostarczenie elementów roboczych maszyn. Zespoły maszyn i urządzeń kompletowane są na miejscu z części do maszyn, podzespołów, czy układów napędowych. W świetle dyrektywy maszynowej niektóre podzespoły wliczając w to stanowiska zrobotyzowane nie mogą być traktowane jako kompletna maszyna. Aby powstała maszyna i spełniała wymagania zawarte w Dyrektywach Unijnych trzeba każdy komponent zespołu połączyć z maszyną nieukończoną lub połączyć z wyposażeniem stanowiący całość ciągu technologicznego maszyn. Przeznaczeniem maszyny nieukończonej jest włączenie lub połączenie z inną maszyną nieukończoną, tworząc w ten sposób maszynę spełniającą Dyrektywę,

¹ mgr. inż., Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, specjalność: Inżynieria Produkcji, email: pawel440@o2.pl

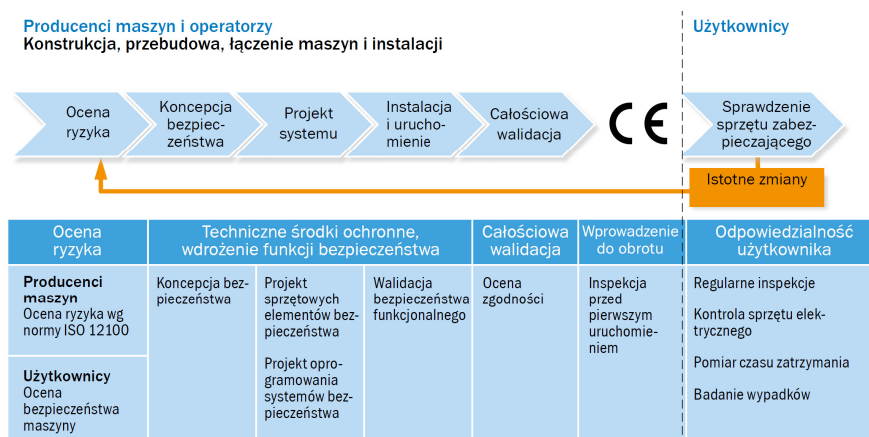
² dr hab. inż., prof. ATH Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, email: rdrobina@ath.bielsko.pl

potocznie nazwane maszynowymi. Producent maszyn musi spełnić wszystkie wymagania Dyrektywy maszynowej, uzyskać deklarację włączenia, instrukcję obsługi a także przygotować instrukcję montażu na rys. 1 zaprezentowano wdrożenie do prawa krajowego dyrektywy maszynowej i narzędziowej.

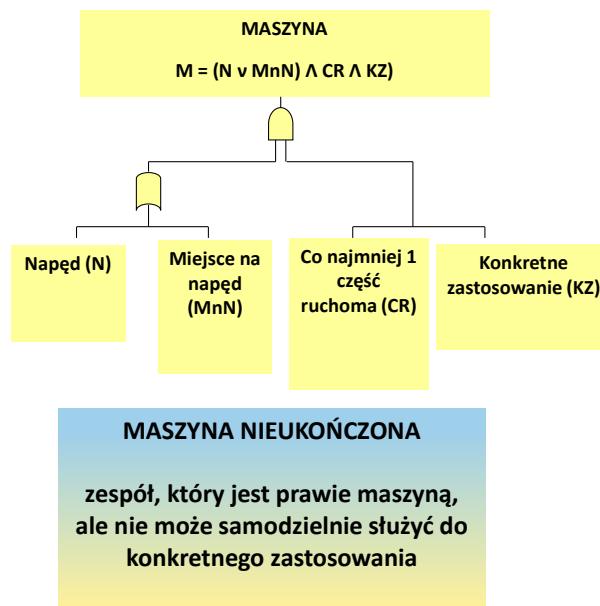


Rysunek 1. Wdrożenie do prawa krajowego dyrektywy maszynowej i narzędziowej [1]

Język instrukcji montażu, może być ustalony między użytkownikiem, a producentem. Pojęcie maszyny nieukończonej zostało po raz pierwszy użyte w Dyrektywie Maszynowej 2006/42/WE. Maszyną ukończoną jest urządzenie, które posiada, przynajmniej jeden element ruchomy, napędzane jest mechanizmem napędowym (silnik spalinowy lub elektryczny, wykorzystanie pompy hydraulicznej lub pneumatycznej) (rys. 2). Natomiast robot w świetle przytaczanej Dyrektywy jest maszyną ukończoną jeżeli jest wmontowany w ciąg technologiczny i zamontowany w tzw. celi.



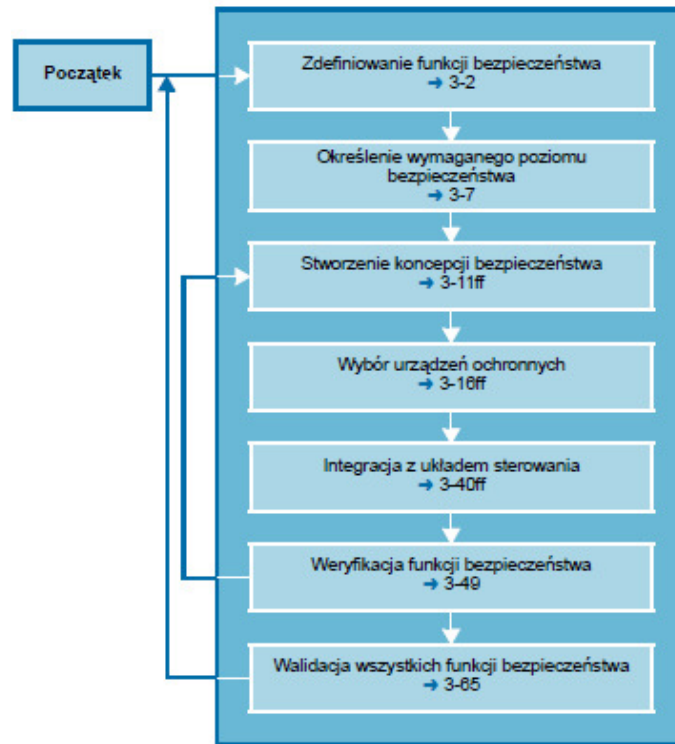
Rysunek 2. Wymagania prawne przy integracji maszyn, robotów i cobotów [1, 2]



Rysunek 3. Wymagania prawne przy integracji robotów i cobotów [1-6]

2. Techniczne środki ochronne i wymagania prawne przy integracji robotów i cobotów

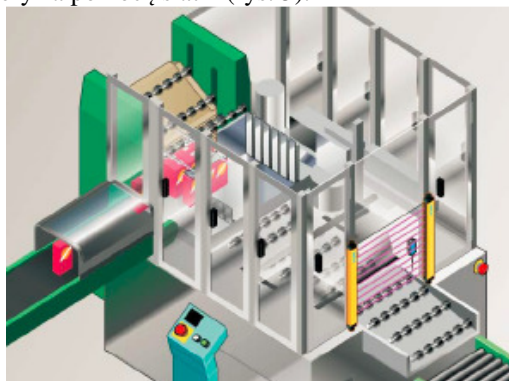
Poprzez urządzenia ochronne takie jak: osłony, drzwi, kurtyny świetlne, urządzenia od obsługi oburęcznej lub moduły kontroli (pozycja, prędkość) mogą być realizowane techniczne środki ochronne. Osłony stałe takie jak bariery, przegrody są przykładem urządzeń ochronnych, które nie podłącza się do układu sterowania. Prawidłowe zaprojektowane urządzenia tego typu powinny spełniać wymagania deklarowane w Dyrektywach maszynowych. Prawidłowe działanie układu sterowania zależne od środka ochronnego jest nazywane bezpieczeństwem funkcjonalnym. W tym celu należy zdefiniować funkcję bezpieczeństwa, określa ona wymagany poziom bezpieczeństwa, a następnie pozwala ją przełożyć na prawidłowe elementy składowe i zweryfikować ją. Walidacja wszystkich technicznych środków ochronnych zapewnia niezawodne działanie prawidłowych funkcji bezpieczeństwa. Funkcję bezpieczeństwa (rys. 4), należy zdefiniować dla każdego zagrożenia, którego nie można usunąć w sposób konstrukcyjny, określa ona jak można zmniejszyć ryzyko za pomocą środków zabezpieczenia technicznego. Rodzaj i ilość elementów składowych niezbędnych dla danej funkcji wynika z definicji oraz funkcji bezpieczeństwa.



Rysunek 4. Funkcja bezpieczeństwa, która określa wymagany poziom bezpieczeństwa [3-6]

Zabezpieczenie gniazda produkcyjnego poprzez trwałe uniemożliwienie dostępu

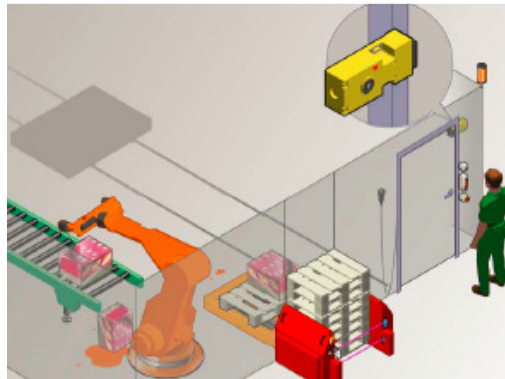
Za pomocą barier, przegród i osłon, zostaje uniemożliwiony dostęp do miejsca zagrożenia. Urządzenie w formie tuneli, zapobiega dostępowi do miejsca zagrożenia i umożliwia transport towarów lub materiałów. Uniemożliwia dostęp pracownika do niebezpiecznej strefy za pomocą siatki (rys. 5).



Rysunek 5. Trwałe uniemożliwienie dostępu za pomocą osłon [3-6]

Zabezpieczenie gniazda produkcyjnego poprzez czasowe uniemożliwienie dostępu

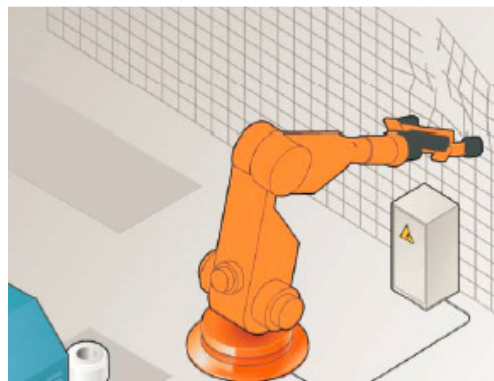
Dostęp do miejsca zagrożenia zostaje uniemożliwiony do momentu przejścia maszyny do bezpiecznego stanu. Zatrzymanie pracy maszyny następuje na żądanie. Gdy maszyna przejdzie do stanu bezpiecznego następuje odblokowanie dostępu do przestrzeni mechanicznej (roboczej) (rys. 6.)



Rysunek 6. czasowe uniemożliwienie dostępu [3-6]

Zabezpieczenie gniazda produkcyjnego poprzez zatrzymywanie elementów/materiałów/promieniowania

W celu uniknięcia występujących zagrożeń stosuje się mechaniczne urządzenia ochronne osłony, które chronią przed możliwością wyrzucenia elementów z maszyny lub wystąpienia promieniowania (rys. 7).

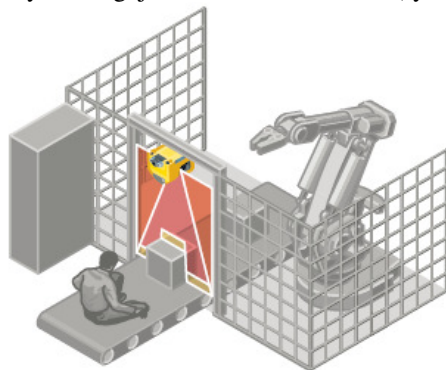


Rysunek 7. Ogródnienie, które może zatrzymać ramię robota [3-6]

Zabezpieczenie gniazda produkcyjnego poprzez odróżnianie człowieka od materiału

W przypadku transportu materiału do lub z niebezpiecznej strefy stosuje się specyficzne cechy doprowadzanego materiału, pozwala to na automatyczne

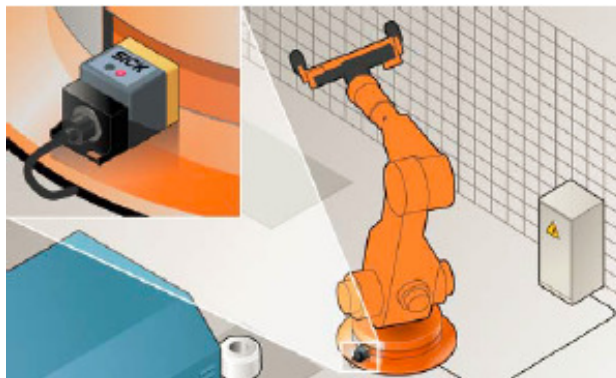
odróżnienie człowieka od materiału. W takiej sytuacji urządzenie nie reaguje na transport materiału, tylko reaguje i odróżnia człowieka (rys. 8).



Rysunek 8. Przelączenie pola ochronnego skanera laserowego [3-6]

Zabezpieczenie gniazda produkcyjnego poprzez kontrolę parametrów maszyny

Niektóre aplikacje wymagają konieczności kontroli wybranych parametrów, pod kątem granic bezpieczeństwa. Gdy następuje przekroczenie wartości granicznej, następuje zastosowanie odpowiednich środków, np. zatrzymanie, sygnał ostrzegawczy. Można kontrolować prędkość, temperaturę czy nawet ciśnienie (rys. 9).



Rysunek 9. Monitoring pozycji [3-6]

Zabezpieczenie gniazda produkcyjnego poprzez wyłączenie funkcji bezpieczeństwa w sposób ręczny na określony czas

Jeżeli istnieje konieczność czasowego wyłączenia funkcji zabezpieczających z powodu prac nastawczych, albo w celu obserwacji procesu, należy zastosować dodatkowe środki zmniejszające ryzyko. Działanie poszczególnych funkcji możemy wyłączyć ręcznie. Można ograniczyć prędkość lub siły ruchów maszyny, włączyć tryb impulsowy, który ogranicza czas trwania ruchu maszyny lub robota (rys. 10).



Rysunek 10. Ręczna stacja obsługi z przyciskiem potwierdzającym oraz przyciskami +/- [3-6]

Zabezpieczenie gniazda produkcyjnego poprzez zatrzymanie awaryjne

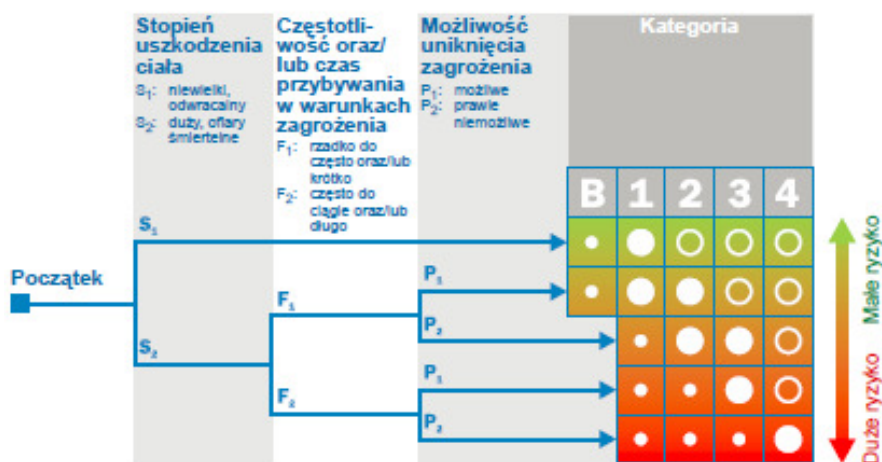
Zatrzymanie awaryjne należy zaliczyć do uzupełniającego środka ochrony, a nie do podstawowego środka zmniejszania ryzyka. W zależności od oceny ryzyka zaleca się by funkcja z takim samym poziomem bezpieczeństwa była traktowana jak podstawowe środki ochronne opisane w Normie EN 60204-1:2006 i EN ISO 13850 Bezpieczeństwo maszyn — Wyposażenie elektryczne maszyn — Część 1: Wymagania ogólne). Podsumowując: określenie funkcji bezpieczeństwa, pozwala nam określić jakie funkcje bezpieczeństwa są konieczne do zmniejszenia ryzyka. Do jednych z nich należą: uniemożliwienie trwałego lub czasowego dostępu, zatrzymanie elementów, materiałów lub promieniowania. Spowodowanie zatrzymania, uniemożliwienia uruchomienia i unikanie niespodziewanego rozruchu. Możliwość połączenia funkcji spowodowaną zatrzymaniem i uniemożliwieniem uruchomienia. Odróżnienie człowieka od materiału. Możliwość kontrolowania parametrów maszyny, zniesienie funkcji bezpieczeństwa w sposób ręczny na określony czas. Połączenie lub wymiana funkcji bezpieczeństwa

3. Określenie wymaganego poziomu bezpieczeństwa dla stanowisk zrobotyzowanych

W normach typu C z reguły podawany jest wymagany poziom bezpieczeństwa, są to normy specyficzne dla maszyn i stanowisk zrobotyzowanych. Dla każdej funkcji bezpieczeństwa wymagany poziom bezpieczeństwa, należy określić oddzielnie. Są to np. czujniki, urządzenia ochronne, analizujący moduł logiczny, aktuator. Jeżeli występuje brak normy C, należy uwzględnić normy: EN 954-1 (stosowana jeszcze do dnia 29.11.2009), EN ISO 13 849-1:2006, EN 62 061:2005, Bezpieczeństwo maszyn – Elementy systemów sterowania związane z bezpieczeństwem – Część 1: Ogólne zasady projektowania. Zastąpiła: PN-EN ISO 13849-1:2006E, PN-EN 954-1:2001P

Kategoria bezpieczeństwa stanowisk zrobotyzowanych

Norma typu EN 954-1 (1996) znana jest jako graf ryzyka. Jest to procedura wyboru wymaganego bezpieczeństwa funkcjonalnego. Graf określa wymagany poziom bezpieczeństwa w kategoriach (rys. 11).



Rysunek 11. Graf ryzyka dla normy EN 954-1 (1996) [3]

Wymagania dotyczące projektowania i wykonania związanych z bezpieczeństwem elementów układów sterowania definiuje zarówno norma EN ISO 13849-1 jak i EN 62061, Zarówno norma EN ISO 13849-1 (określa PL), jak i norma EN 62061 (określająca SIL) spełniają wymagania Dyrektywy Maszynowej. EN ISO 13849-1: Bezpieczeństwo maszyn – Elementy systemów sterowania związane z bezpieczeństwem, EN62061: Bezpieczeństwo maszyn - Bezpieczeństwo funkcjonalne elektrycznych, elektronicznych i elektronicznych programowalnych systemów sterowania związanych z bezpieczeństwem.

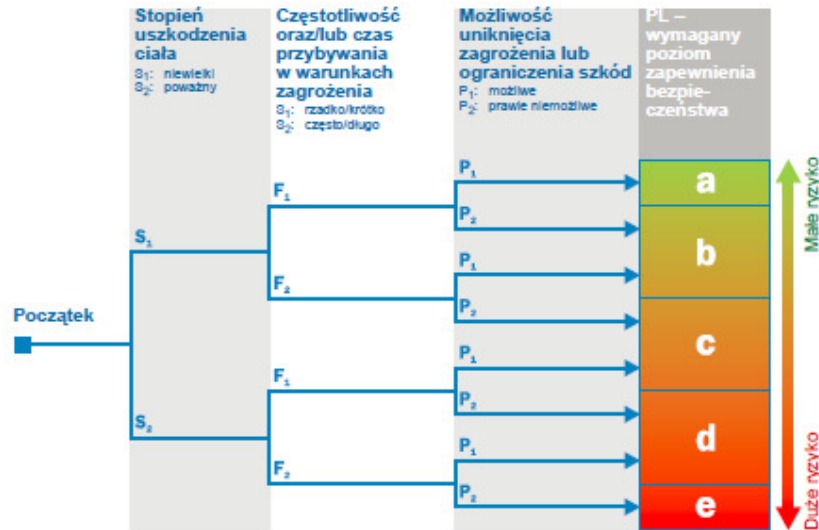
Tabela 1. Możliwość wyboru użytkownika istotnych norm odpowiednio do zastosowanej technologii zgodnie z danymi

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

Poziom zapewnienia bezpieczeństwa (performance level) wg EN ISO 13849-1

W normie tej tak samo stosuje się graf ryzyka do określenia wymaganego poziomu bezpieczeństwa i stosuje się parametry S, F i P, które określają wielkości ryzyka.

Istotnym wynikiem procesu jest wymagany poziom zapewnienia bezpieczeństwa” (PLr: required Performance Level).



Rysunek 12. Graf ryzyka dla normy EN ISO 13 849-1 z uwzględnieniem poziomu zapewnienia bezpieczeństwa (PL) [3, 8-14]

Poziom zapewnienia bezpieczeństwa (PL) jest podzielony na pięć dyskretnych poziomów. Zależy on od struktury systemu sterowania, niezawodności zastosowanych części, zdolności do rozpoznawania defektów, a także odporności na uszkodzenia spowodowane wspólną przyczyną w wielokanałowych układach sterowania.

Tabela 2. Ocena i zakres szkód, częstotliwość/czas przebywania w warunkach zagrożenia oraz możliwość uniknięcia sytuacji niebezpiecznych [3-6]

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

Tabela 3. Ocena częstotliwości możliwych do wystąpienia sytuacji niebezpiecznych [3-6]

Częstotliwość 1) występowania niebezpiecznego zdarzenia F	Prawdopodobieństwo wystąpienia niebezpiecznego zdarzenia W	Możliwość uniknięcia niebezpiecznego zdarzenia P
F \geq 1× na godzinę 5	Często 5	
1× na godzinę > F \geq 1× na dzień 5	Prawdopodobne 4	
1× na dzień > F \geq 1× na 2 tygodnie 4	Możliwe 3	Nieemożliwe 5
1× na 2 tygodnie > F \geq 1× na rok 3	Rzadko 2	Możliwe 3
1× na rok > F 2	Pomijalne 1	Prawdopodobne 1

1) Obowiązuje dla pobytu trwającego > 10 min

Poziom nienaruszalności bezpieczeństwa wg EN 62061

Jest to procedura numeryczna. Ocenia się zakres szkód, częstotliwość/czas przebywania w warunkach zagrożenia oraz możliwość uniknięcia. Uwzględnia się również prawdopodobieństwo wystąpienia niebezpiecznego zdarzenia. Jest to poziom nienaruszalności bezpieczeństwa (SIL). Aby wyznaczyć SIL, należy: określić rozmiar szkód S, określić punkty dla częstotliwości F, prawdopodobieństwa W i uniknięcia P. Z sumy $F + W + P$ obliczyć klasę K. Wymagany SIL jest punktem przecięcia wiersza „Rozmiar szkód S” i kolumny „klasa K”. SIL jest podzielony na trzy dyskretne poziomy. Jest on zależny od struktury systemu sterowania, zastosowania niezawodnych części, rozpoznawania defektów, a także odporności na uszkodzenia. Podsumowując: Każda funkcja bezpieczeństwa musi mieć określony i wymagany poziom bezpieczeństwa. Parametry takie jak: „Stopień możliwego uszkodzenia ciała”, „Częstotliwość oraz czas trwania zagrożenia” i „Możliwość uniknięcia zagrożenia”, określają wymagany poziom bezpieczeństwa. Norma EN ISO 13849-1, służy do określenia wymaganego bezpieczeństwa, tak samo norma EN 954-1, obie te normy posiadają graf ryzyka. Wynik procesu to: „wymagany poziom zapewnienia bezpieczeństwa” (PLr). Norma EN ISO 13 849-1, może odnosić się i być stosowana w dziedzinie hydrauliki, pneumatyki i mechaniki. Norma EN 62061 poziomem nienaruszalności bezpieczeństwa (SIL), stosuje się w niej metodę numeryczną.

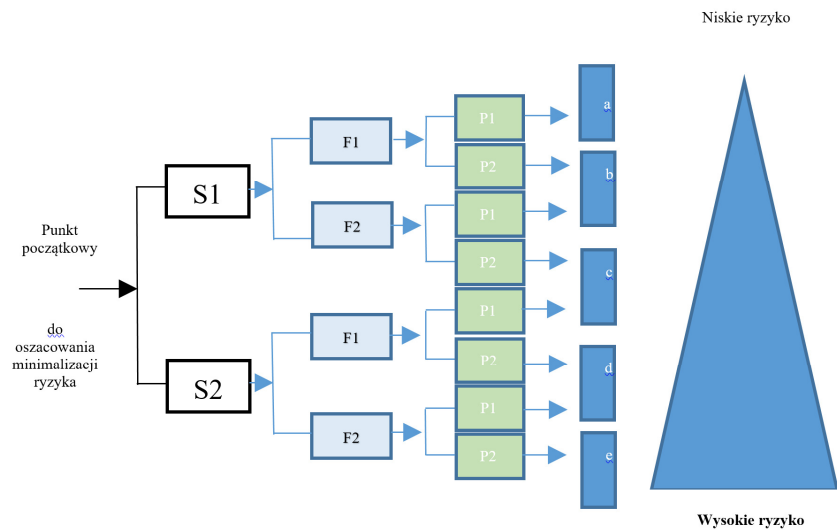
Procedura uproszczona – czasowania całościowego poziomu bezpieczeństwa (PL) [7-14]

Procedura ta pozwala nam określić dosyć dokładne oszacowanie całościowego poziomu bezpieczeństwa (PL) dla wielu aplikacji. Bez znajomości pojedynczych wartości PFHd. Jeżeli znany jest poziom zapewnienia bezpieczeństwa (PL) dla wszystkich podsystemów, to możemy w tabeli obliczyć uzyskany całościowy poziom zapewnienia bezpieczeństwa (PL) dla konkretnej funkcji bezpieczeństwa.

PL (low) (Najniższy PL podzespołu)	n (low) (Liczba podsystemów posiadających 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

Rysunek 13. Całościowy poziom zapewnienia bezpieczeństwa (PL) [3,6,9-14]

Sposób postępowania: należy określić poziom zapewnienia bezpieczeństwa (PL) podsystemu lub podsystemów o najniższym poziomie zapewnienia bezpieczeństwa (PL) w funkcji bezpieczeństwa PL (low). Należy określić liczbę podsystemów posiadających taki poziom zapewnienia bezpieczeństwa PL (low): n (low). Na rysunku 13 przedstawiono algorytm określania poziomu zapewnienia bezpieczeństwa na podstawie szacowania ryzyka metodą grafu.



S – ciężar obrażeń, S1 – lekkie (odwracalne), S2 – ciężkie (nieodwracalne/śmierć), F – czas i/lub częstotliwość.

Narażenia na niebezpieczeństwo:

F1- rzadko lub średnio, F2- często lub ciągle, P – możliwość zapobiegania.

Zagrożeniom lub ograniczenia szkód:

P1 – możliwe w określonych warunkach, P2 – prawie niemożliwe.

Rysunek 14. Algorytm określania poziomu zapewnienia bezpieczeństwa na podstawie szacowania ryzyka metodą grafu opracowanie własne, na podstawie [3-6, 7-11,15]

Tabela 4. Algorytm określania poziomu nienaruszalności bezpieczeństwa SIL na podstawie szacowania ryzyka [3-6, 14]

Częstotliwość lub czas przebywania (F)		Prawdopodobieństwo wystąpienia sytuacji zagrożenia (O)		Możliwość uniknięcia (P)	
=< 1h	5	częste	5	niemożliwe	5
> 1h do =< 1 dzień	5	prawdopodobne	4	możliwe	3
> 2 dni =< 1 tydzień	4	możliwe	3	prawdopodobne	1
> 2 tygodni =< 1 rok	3	rzadkie	2		
> 1 rok	2	nieistotne	1		

Tabela 5. Algorytm określania poziomu nienaruszalności bezpieczeństwa SIL na podstawie szacowania ryzyka – cd. [3-6, 14]

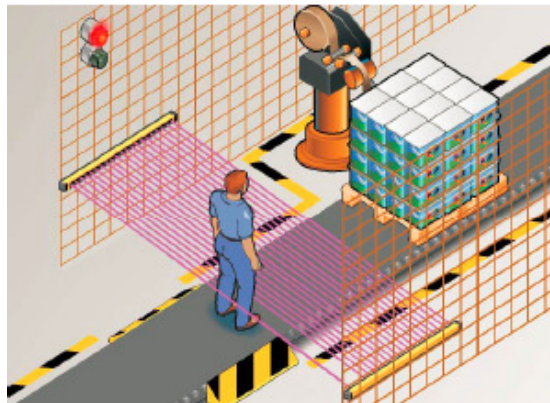
Skutek	Ciężkość (S)	Klasa C=F+O+P=5+4+3=12				
		3-4	5-7	8-10	11-13	14-15
Śmierć, utrata oka lub ręki	4	SIL 2	SIL 2	SIL 2	SIL 3	SIL 3
Kalectwo, utrata palców	3			SIL 1	SIL 2	SIL 3
Odwracalny, leczenie	2				SIL 1	SIL 2
Odwracalny, pierwsza pomoc	1					SIL 1

Tego typu algorytmy wspomagają użytkowników maszyn w ocenie stanu bezpieczeństwa maszyn oraz gniazd produkcyjnych wyposażonych w stanowiska zrobotyzowane. Istota zatrzymania awaryjnego została również zdefiniowana w normie typu B2 (PN -EN ISO 13850. Bezpieczeństwo maszyn – Stop awaryjny – Zasady projektowania) odnoszącej się do wszystkich maszyn. Funkcja zatrzymania awaryjnego to funkcja zapobiegająca lub zmniejszająca zagrożenia, przeznaczona do inicjowania pojedynczym zadziałaniem człowieka, jeśli normalna funkcja za trzymywania jest niewystarczająca. Wynika stąd, że kryterium decydującym jest wielkość zagrożeń, tj. źródeł energii, elementów będących w ruchu, napędów, narzędzi, materiałów obrabianych itd., a nie czas zatrzymywania.

4. Mobilne zabezpieczenie niebezpiecznej strefy: stwierdzanie zbliżenia się człowieka do niebezpiecznej strefy

Zabezpieczenie takie możemy stosować, gdy występuje niebezpieczna strefa, bezobsługowych systemów transportowych (AGS), dźwigów i przenośników, umożliwia ochronę operatora, osób trzecich, ruchu pojazdów [12-15].

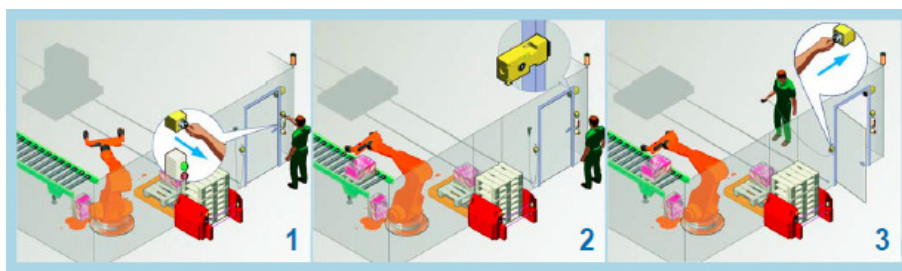
W tym celu stosuje się funkcje dodatkowe. Jedną z nich jest odróżnianie człowieka od materiału. Zastosowanie takie ma sens, gdy proces technologiczny jest w pełni automatyczny. Możliwe są dwie wersje: z zintegrowanym analizatorem, algorytmem analizującym. Nowoczesne czujniki za pomocą specjalnych algorytmów analizujących, potrafią odróżnić człowieka od materiału, nie wymaga się tu żadnych kosztownych prac instalacyjnych i konserwacyjnych. Druga wersja to wykorzystanie multingu czyli chwilowego zawieszenia funkcji. Urządzenia ochronne muszą zostać czasowo zmostkowane. Na czas przejazdu palety konieczne jest zmostkowanie elektroczułego wyposażenia ochronnego. System multingu musi odróżnić człowieka od materiału. Multing musi spełniać szereg warunków, musi odbyć się w sposób automatyczny, nie może być dostępu do niebezpiecznej strefy, pojedynczy sygnał elektryczny jest niewystarczający, nie może całkowicie zależeć od sygnałów softwareowych, powinny podtrzymywać funkcję bezpieczeństwa. Stan multingu powinien być usunięty po przejeździe palety. Aktywowany jest tylko w cyklu roboczym, gdy załadowana paleta blokuje wejście do niebezpiecznej strefy.



Rysunek 15. Odróżnienie człowieka od materiału, operacja paletyzacji zostaje przerwana, na czas wykrycia człowieka w strefie niebezpiecznej [3-6]

5. Systemy kluczy sterujących

Oslony, mają wadę w postaci że w przypadku wejścia do niebezpiecznej strefy i zamknięcia drzwi, nie następuje odłączenie maszyny i nie można skutecznie zapobiec ponownemu uruchomieniu. Niezbędne jest wykorzystanie dodatkowych środków. Wykorzystuje się tu system kluczy sterujących, które są połączone z blokadami. Klucz włożony do zamka na zewnątrz umożliwia pracę w trybie automatycznym i przytrzymuje zamknięte drzwi



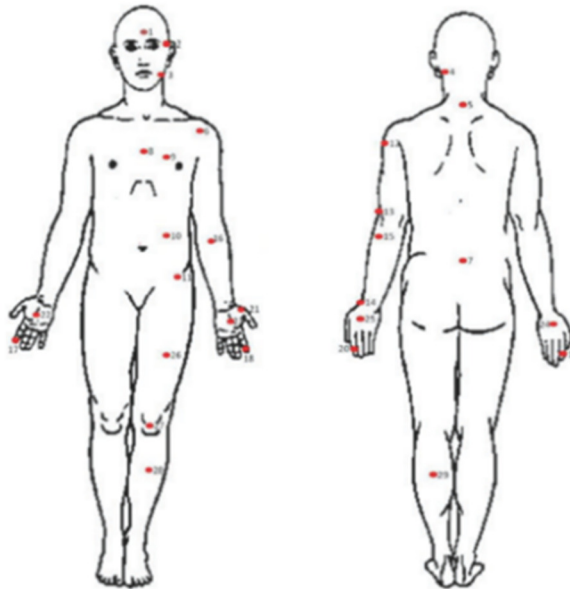
Rysunek 16. Przedstawienie zasady działania klucza sterującego wg rysunków, 1. Wyciągnięcie klucza, zakończenie niebezpiecznego stanu, 2. Bezpieczny stan (np. po zatrzymaniu), można otworzyć drzwi, 3. Włożenie klucza od wewnątrz, umożliwia uruchomienie trybów ustawiania, tryb automatyczny jest zablokowany [2-6]

Innym rozwiązaniem podwyższającym bezpieczeństwo współpracy jest zastosowanie urządzenia do obsługi oburęcznej, zawsze umożliwia ochronę tylko jednej osoby. Gdy liczba operatorów jest większa, każda osoba musi posiadać urządzenie do obsługi oburęcznej. Niebezpieczny ruch zostaje zapoczątkowany poprzez świadome uruchomienie urządzenia do obsługi oburęcznej. Ruch musi być zatrzymany gdy jedna ręka zostaje zdjęta z urządzenia.

6. Wymagania techniczne bezpieczeństwa przy integracji robotów cobotów z uwzględnieniem kontaktu statycznego i przejściowego

Granice dla kontaktu pół-statycznego i kontaktu przejściowego, wg ISO/TS 15066 - Załącznik A – założenia [3-12]:

Przedstawienie wskazówek jak ustalać progi wartości dla systemów robotów współpracujących Skupienie na ograniczaniu mocy i siły Bazą do ustalania progów są progi wrażliwości na ból, gdy dochodzi do kontaktu człowiek – maszyna. Wartości te, mogą być wykorzystane do ustalania granicznych wartości nacisków i sił oddziałujących na ciało ludzkie. Wartości te mogą służyć również do ustalania maksymalnych dopuszczalnych prędkości robota w aplikacji współpracującej.



Rysunek 17. Model ciała z 29 zdefiniowanych punktami oraz 12 obszarami ciała 12 obszarów ciała [2-3,7-15]

Tabela. 6. Obszary ciała z zdefiniowanymi punktami [2-3, 7-15]

Obszar ciała	Zdefiniowany punkt	Przód/Tył
Czaszka i czoło	1. Środek czoła	Przód
	2. Skroń	Przód
Twarz	3. Żuchwa	Przód
Szyja	4. Mięśnie szyi	Tył
	5. Siódmy krąg szyjny	Tył
Pleczy i ramiona	6. Stawy ramienne	Przód
	7. Piąty krąg lędźwiowy	Tył
Klatka piersiowa	8. Mostek	Przód
	9. Mięśnie piersiowe	Przód
Jama brzuszna	10. Mięśnie brzucha	Przód
Miednica	11. Kość miednicy	Przód
Ramiona i stawy łokciowe	12. Mięsień naramienny	Tył
	13. Kość ramienna	Tył
Przedramiona i nadgarstki	14. Kość promieniowa	Tył
	15. Mięsień przedramienny	Tył
	16. Nerw ramienny	Przód

Obszar ciała	Zdefiniowany punkt	Przód/Tył
Czaszka i czoło	1. Środek czoła	Przód
	2. Skroń	Przód
Twarz	3. Żuchwa	Przód
Szyja	4. Mięśnie szyi	Tył
	5. Siódmy krąg szyjny	Tył
Pleczy i ramiona	6. Stawy ramienne	Przód
	7. Piąty krąg lędźwiowy	Tył
Klatka piersiowa	8. Mostek	Przód
	9. Mięśnie piersiowe	Przód
Jama brzuszna	10. Mięśnie brzucha	Przód
Miednica	11. Kość miednicy	Przód
Ramiona i stawy łokciowe	12. Mięsień naramienny	Tył
	13. Kość ramienna	Tył
Przedramiona i nadgarstki	14. Kość promieniowa	Tył
	15. Mięsień przedramienny	Tył
	16. Nerw ramienny	Przód

Tabela 7. Obszary ciała z zdefiniowanymi punktami z maksymalnym dopuszczalnym ciśnieniem i maksymalną dopuszczalną siłą [2-3,7-15]

Obszar ciała	Określony obszar ciała	Kontakt statyczny		Przejęciowy kontakt	
		Maksymalne dopuszczalne ciśnienie ^a P_s N/cm ²	Maksymalna dopuszczalna siła ^b N	Maksymalny dopuszczalny mnożnik ciśnienia ^c P_T	Maksymalny dopuszczalny mnożnik siły ^c F_T
Czaszka i czoło ^d	1. Środek czoła	130	130	nie dotyczy	nie dotyczy
	2. skroń	110		nie dotyczy	
Twarz ^d	3. Żuchwa	110	65	nie dotyczy	nie dotyczy
Szyja	4. Mięśnie szyi	140	150	2	2
	5. Siódmy krąg szyjny	210		2	
Pleczy i ramiona	6. Stawy ramienne	160	210	2	2
	7. Piąty krąg lędźwiowy	210		2	2
Klatka piersiowa	8. Mostek	120	140	2	2
	9. Mięśnie piersiowe	170		2	
Brzuch	10. Mięśnie brzucha	140	110	2	2
Miednica	11. Kość miednicy	210	180	2	2
Ramiona i stawy łokciowe	12. Mięsień naramienny	190	150	2	2
	13. Kość ramienna	220		2	
Przedramiona i stawy nadgarstka	14. Kość promieniowa	190	160	2	2
	15. Mięsień przedramienny	180		2	
	16. Nerw ramienny	180		2	

Tabela 8. Obszary ciała z zdefiniowanymi punktami [2-3,7-15]

Obszar ciała	Zdefiniowany punkt	Przód/Tył
Czaszka i czoło	1. Środek czoła	Przód
	2. Skroń	Przód
Twarz	3. Żuchwa	Przód
Szyja	4. Mięśnie szyi	Tył
	5. Siódmy krąg szyjny	Tył
Plecy i ramiona	6. Stawy ramienne	Przód
	7. Piąty krąg lędźwiowy	Tył
Klatka piersiowa	8. Mostek	Przód
	9. Mięśnie piersiowe	Przód
Jama brzuszna	10. Mięśnie brzucha	Przód
Miednica	11. Kość miednicy	Przód
Ramiona i stawy łokciowe	12. Mięsień naramienny	Tył
	13. Kość ramienna	Tył
Przedramiona i nadgarstki	14. Kość promieniowa	Tył
	15. Mięsień przedramienny	Tył
	16. Nerw ramienny	Przód

Analizując dane zawarte w tabelach 6-8 można stwierdzić, że wartości graniczne dla odpowiednich interakcji z

7. Podsumowanie

Roboty przemysłowe współpracujące, coboty to złożone maszyny, które współpracują z ludźmi. W procesie pracy roboty wspierają i wspomagają pracowników na liniach produkcyjnych. W przestrzeni roboczej dochodzi do bliskiego kontaktu między osobą, a elementami robotów, takimi jak ramię robota, narzędzie. Taka sytuacja ma miejsce w przypadku mobilnych robotów serwisowych, które są coraz częściej wykorzystywane w świecie głównie w środowiskach przemysłowych, a nawet w gospodarstwach domowych. Wcześniej wykorzystanie robotów wymagało oddzielania i stosowania urządzeń ochronnych, które były montowane w przestrzeni pracy robota i zabezpieczały przed wpływem czynników mechanicznych, a tym samym przed obrażeniami spowodowanymi przez działanie części ruchomych robota. Współcześnie dokonano uzupełnienia odpowiednich norm dla robotów przemysłowych, stworzono nowe pole zastosowania współpracujących robotów zwanych cobotami. Zmieniona norma EN ISO 10218, w części 1 i 2, a także specyfikacja ISO/TS 15066, z roku 2010, określa wymagania bezpieczeństwa w odniesieniu do "Robotów współpracujących". Oprócz samego robota współpracującego dodano również elementy narzędzi wykorzystywanych do konkretnych zastosowań produkcyjnych. Współpraca robotów kolaborujących stwarza zagrożenie bezpośredniego kontaktu między współpracującym robotem, a osobą pracującą. Ocena ryzyka producenta robotów musi obejmować planowane miejsce pracy. Oprócz dyrektywy maszynowej ocena ryzyka opiera się na

EN ISO 10218, części 1 i 2. W przypadku stanowisk zrobotyzowanych opartych o współpracę z człowiekiem nie ma możliwości stosowania urządzeń zabezpieczających oddzielających, w tym wypadku bezwzględnie należy zastosować inne techniczne środki ochronne. Samo zabezpieczenie musi obejmować aplikację sterującą pracą cobota. W tym celu wymagana jest ocena ryzyko obrażeń spowodowanych kolizjami między robotami a współpracującym z nim człowiekiem.

LITERATURA

1. ŁABANOWSKI W.: Bezpieczeństwo użytkowania maszyn poradnik dla pracodawców, Państwowa Inspekcja Pracy, Główny Inspektorat Pracy, Warszawa 2012.
2. Serwis: www.elokon.pl, 10 sierpień 2020r.
3. Przewodnik Bezpieczne Maszyny - Bezpieczna maszyna w sześciu krokach Wydawnictwo: Sick, SICK AG - Industrial Safety Systems –Deutschland, 8008007/2008-06-26, 2008.
4. ISO 10218-1:2011, Robots and robotic devices — Safety requirements for industrial robots — Part 1: Robots.
5. ISO 10218-2:2011, Robots and robotic devices — Safety requirements for industrial robots — Part 2: Robot systems and integration.
6. ISO 12100, Safety of machinery — General principles for design — Risk assessment and risk reduction.
7. ISO 13850, Safety of machinery — Emergency stop function — Principles for design.
8. ISO 13855, Safety of machinery — Positioning of safeguards with respect to the approach speeds of parts of the human body.
9. IEC 60204-1, Safety of machinery — Electrical equipment of machines — Part 1: General requirements.
10. EN 12453:2000, Industrial, commercial and garage doors and gates — Safety in use of power operated doors — Requirements.
11. ISO/TS 15066 Robotics and robotic devices - Collaborative robots.
12. MEWES D., MAUSER F.: Safeguarding Crushing Points by Limitation of Forces. *Int. J. Occup. Saf. Ergon.* 9(2003)2, 177–191.
13. SUITA K., YAMADA Y., TSUCHIDA N., IMAI K., IKEDA H., SUGIMOTO N.: A Failure-to-safety “Kyozon” system with simple contact detection and stop capabilities for safe human-autonomous robot coexistence. *IEEE International Conference on Robotics and Automation 0-7803-1965-6/95*. 1995.
14. Serwis: http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/bg_bgia_empf_u_001e.pdf 11.09.2020r.
15. BEHRENS R., ELKMANN N.: Experimentelle Verifikation der biomechanischen Belastungsgrenzen bei Mensch-Roboter-Kollisionen: Phase I, Fraunhofer-Institut fuer Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF, Magdeburg, October 2014.