

Elementy współpracy elektrycznych urządzeń blokujących i czujników położenia z osłonami maszyn - część 1.

Marek Trajdos, Wiesław Monkiewicz

W procesie redukcji ryzyka maszyny, zgodnie z normą PN-EN 12100-2, należy przede wszystkim położyć nacisk na konstrukcję bezpieczną samą w sobie, lecz oczywiście w praktyce całkowite wyeliminowanie ryzyka tą drogą zwykle nie jest możliwe. Należy wówczas zastosować techniczne środki bezpieczeństwa, aby chronić obsługę maszyny i inne osoby, które mogą znaleźć się w jej otoczeniu.

Podstawowym środkiem ochrony są osłony. Mogą być one stałe lub ruchome.

Za osłony stałe należy uważać takie konstrukcje, które nie zostały zaprojektowane w sposób pozwalający na zmianę ich położenia, bez jednoczesnej zmiany położenia całej maszyny. Osłony stałe powinny być albo przyspawane do konstrukcji, albo możliwe do usunięcia tylko z użyciem narzędzi.

W miejscach, gdzie czasie pracy konieczne jest okresowe uzyskiwanie dostępu do stref niebezpiecznych maszyny stosuje się osłony ruchome. Osłony te pozwalają na zmianę ich położenia względem korpusu maszyny. Jak pokazano na Rys. 1 stosowane są osłony ruchome różnych rodzajów. Mogą występować również ruchy kombinowane osłon.

Ponieważ usunięcie lub przemieszczenie osłony ruchomej niejako z definicji prowadzi do zwiększenia zagrożenia z powodu odsłonięcia danej strefy konieczne jest zdefiniowanie warunków zezwolenia na wykonanie takiej czynności. Można to uczynić środkami technicznymi powiązаныmi z systemem sterowania bezpieczeństwem maszyny lub metodami organizacyjnymi, jak znaki, napisy ostrzegawcze i szkolenie.

W niniejszej pracy jednak skoncentrujemy się na rozważaniu możliwości realizacji układu zabezpieczającego w oparciu o środki techniczne nazywane urządzeniami blokującymi.

Urządzenie blokujące musi być dobrane właściwie do rodzaju osłony występującej w danej maszynie lub

jej sekcji zarówno pod względem sposobu działania, jak i montażu względem danej osłony, która musi również spełniać określone wymagania.

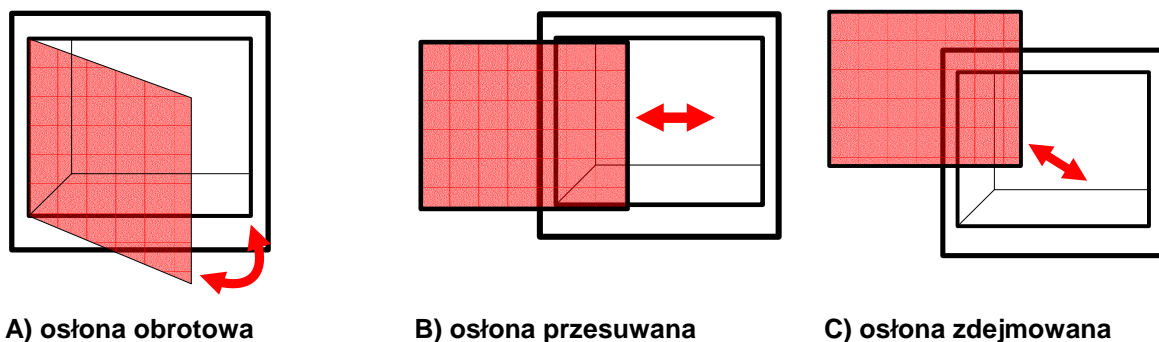
Osłony ruchome

W sytuacji, gdy operator lub (rzadziej) pracownik serwisu musi dostać się do wnętrza obszaru (strefy) niebezpiecznej, osłona musi zostać usunięta. W przypadku, gdy ingerencja następuje rzadko, możliwe jest okresowe demontowanie osłony stałej, po uprzednim wykonaniu procedury zabezpieczającej przed **nieoczekiwanym** lub **niezamierzonym uruchomieniem**. Może ona polegać na odłączeniu zasilania energią danego obszaru, zabezpieczeniu przed ponownym zasileniem i załączeniu przez osobę nieuprawnioną, odpowiednim oznakowaniu strefy pracy lub nawet wprowadzeniu pewnych blokad mechanicznych (jak np. klocki, czy inne podpory zapobiegające zgnieceniu). Szereg przedstawionych wyżej czynności jest jednak pracochłonny i czasochłonny, więc w praktyce produkcyjnej możliwy do zrealizowania w rzadkich przypadkach, np. remontów, czy niektórych regulacji. Należy przy tym zaznaczyć wyraźnie, że demontaż osłony stałej musi być możliwy jedynie przy użyciu narzędzi! Periodyczne uzyskiwanie dostępu do strefy zagrożenia wymaga zastosowania innych środków, pozwalających na nieznaczne tylko straty czasowe, przy jednoczesnym zachowaniu akceptowalnego poziomu bezpieczeństwa.

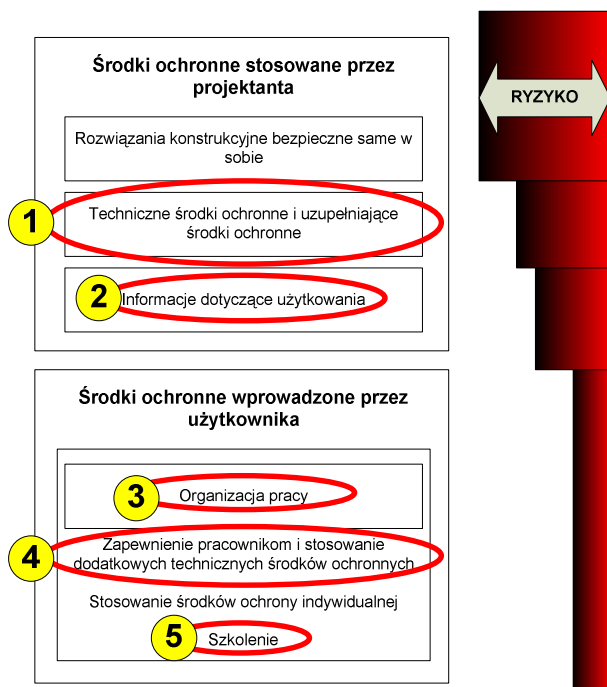
Należy jednak pamiętać o dwóch założeniach, które pracownicy muszą respektować w toku wykonywanej pracy:

2.1. W systemach bezpieczeństwa maszyn przyjmuje się założenie o braku celowego działania zmierzającego do wypadku.

2.2. Musi istnieć wzajemne wsparcie technicznych środków ochrony i środków o charakterze informacyjno-organizacyjnym przewidzianych zarówno przez projektanta, jak i użytkownika.



Rys. 1 Podstawowe typy osłon ruchomych stosowane jako zabezpieczenia maszyn.



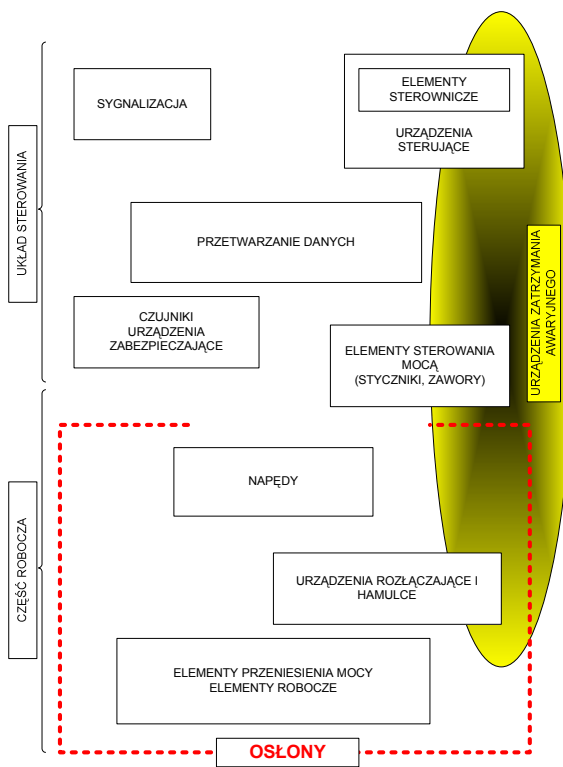
Rys.2 Umiejscowienie roli osłon w procesie redukcji ryzyka na podstawie normy PN-EN ISO 12100-1. Na rysunku numerami od 1 do 5 oznaczono elementy mające związek z osłonami lub ich użyciem (wyjaśnienie w tekście).

Na Rys. 2 przedstawiono schemat procesu redukcji ryzyka. Zaznaczono na nim te elementy, w których znaczenie mają osłony bezpieczeństwa i inne elementy osłaniające, jak np. bariery. Oznacznik nr 1 wskazuje, że osłony należą do technicznych środków ochronnych i niezależnie, czy są one ruchome, czy stałe muszą być odpowiednio przez projektanta przewidziane, jeśli chodzi o ich liczbę, gabaryty, rozmieszczenie i właściwości (odporność na uderzenie, sztywność, przezroczystość itd.). W wypadku osłon ruchomych istotne jest również, jakich środków technicznych użyje się w związku z faktem, że są one otwierane, czyli okresowo tracą swoje właściwości ochronne. Środki te zostaną opisane niżej. Oznacznik nr 2 zwraca uwagę na konieczność ustalenia, jakie napisy ostrzegawcze mają zostać na danej osłonie umieszczone i czy mają im towarzyszyć również znaki ostrzegawcze. Zapis ten dotyczy również informacji zawartych w dokumentacji maszyny, z których użytkownik może/powinien skorzystać tworząc instrukcje stanowiskowe dla pracowników. Na tym rola projektanta procesie się kończy. W procesie produkcji w zasadzie proces redukcji ryzyka nie występuje, poza faktem konieczności praktycznej realizacji wyrobu ściśle zgodnie z projektem. W niektórych drogach osiągnięcia oznaczenia CE przewiduje się ścisły nadzór produkcji w systemie jakości.

Oznacznik nr 3 dotyczy już użytkownika (pracodawcy) i odwołuje się do wdrożenia i utrzymywania właściwych procedur związanych

z organizacją pracy zgodną ze specyfiką danego zakładu. Procedury eksploatacji nie mogą oczywiście odbiegać od ram wyznaczonych przepisami prawa w danym kraju. Jednak specyfika zakładu może np. zaostrzać pewne wymagania. Oznacznik nr 4 dotyczy rozważenia konieczności zastosowania środków dodatkowych jak np. bariery ochronnych oddzielających stanowisko operatora od bezpośrednio z nim graniczącym torem ruchu wózków widłowych, czy ogrodzeń ograniczających przebywanie osób pomiędzy maszyną i ścianą hali produkcyjnej, gdyż konkretna lokalizacja maszyny nosi ryzyko zgniecenia osoby w pewnych elementach cyklu produkcji, np. wymiana matryc. Wreszcie oznacznik nr 5 podkreśla, fakt konieczności przekazywania pracownikom przez pracodawcę informacji o prawidłowej, bezpiecznej eksploatacji, a także przestrzeganiu zasad polegających np. na nie niszczeniu oznaczeń, nie mostkowaniu czujników (urządzeń blokujących) itd. Niezależnie od szkoleń, mających podnieść i utrzymywać poziom świadomości pracowników, konieczne jest nadzorowanie ich pracy pod względem zachowania poziomu bezpieczeństwa (utrzymanie ruchu systemu bezpieczeństwa).

Na Rys. 3 pokazano schematycznie, które z elementów maszyny powinny zostać z racji wnoszonego ryzyka objęte ochroną za pomocą osłon. Jak widać należą do nich: napędy, urządzenia rozłączające, hamulce i inne elementy połączonych z nimi elementów przenoszących moc, a także elementy robocze maszyny (np. narzędzia).



Rys. 3 Umiejscowienie roli osłon na tle wyposażenia do zatrzymywania awaryjnego maszyny wg PN-EN 418.

| Kryterium | Zakres/nazwa | Przydatne normy |
|-----------|---|---|
| 2.1 | Przewidywane przez producenta (projektanta) warunki eksploatacji – przy założeniu użytkowania maszyny zgodnie z przeznaczeniem. | PN-EN 12100-1 |
| 2.2 | Możliwe zagrożenia, czas ekspozycji na nie, częstość, ciężkość spodziewanego urazu i prawdopodobieństwo uszkodzenia urządzenia blokującego. | PN-EN 1050 PN-EN 954-1 lub norma typu „C” |
| 2.3 | Czas zatrzymania maszyny skonfrontowany z czasem potrzebnym na sięgnięcie do strefy zagrożenia. | PN-EN 60204-1 PN-EN ISO 13850 |
| 2.4 | Częstość otwierania osłony | PN-EN 954-1 |
| 2.5 | Zależności pomiędzy działaniem maszyny, a systemem bezpieczeństwa | PN-EN 12100-2 PN-EN 1037 |
| 2.6 | Możliwość obejścia blokady | PN-EN 1088 |

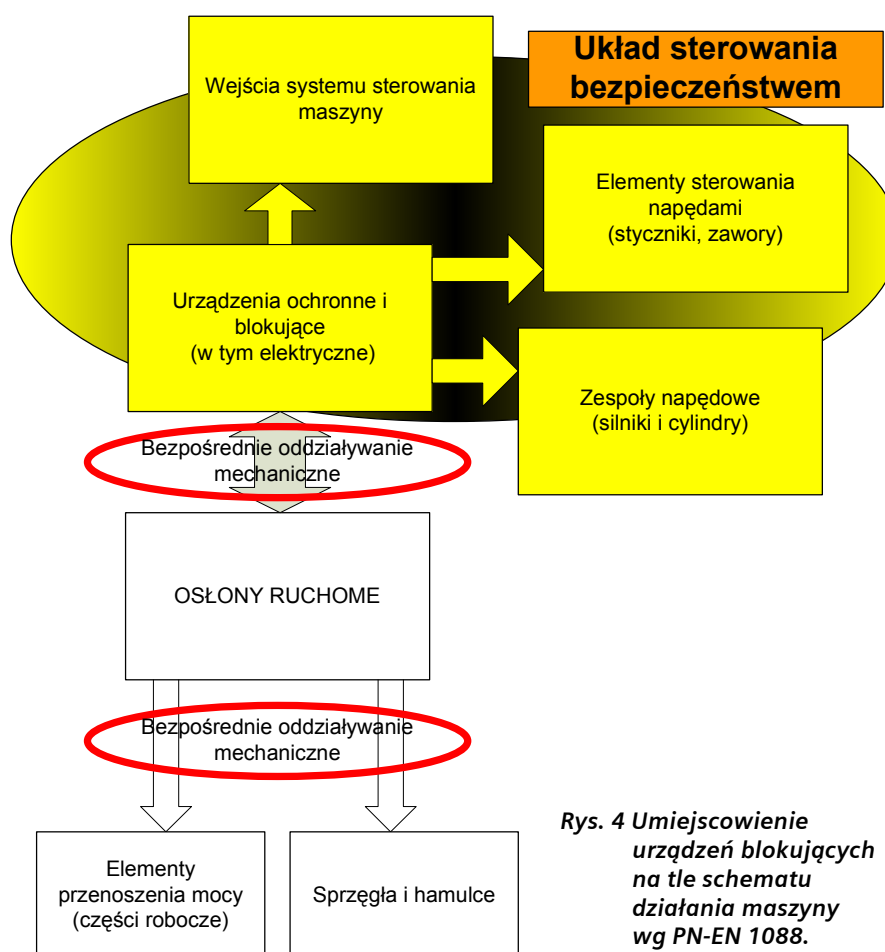
Tab. 1 Kryteria doboru urządzeń blokujących współpracujących z osłonami ruchomymi w maszynach.

Należy przy tym zauważyć, że urządzenia rozłączające (sprzęgła) i hamulce, czy luzowniki jednocześnie mogą być elementami wykonawczymi układu sterowania bezpieczeństwem. Tak więc chroniąc, mogą stanowić również zagrożenie. Powyżej w Tab. 1 dokonano zestawienia kryteriów proponowanych do rozważenia, przez projektantów systemów bezpieczeństwa maszyn.

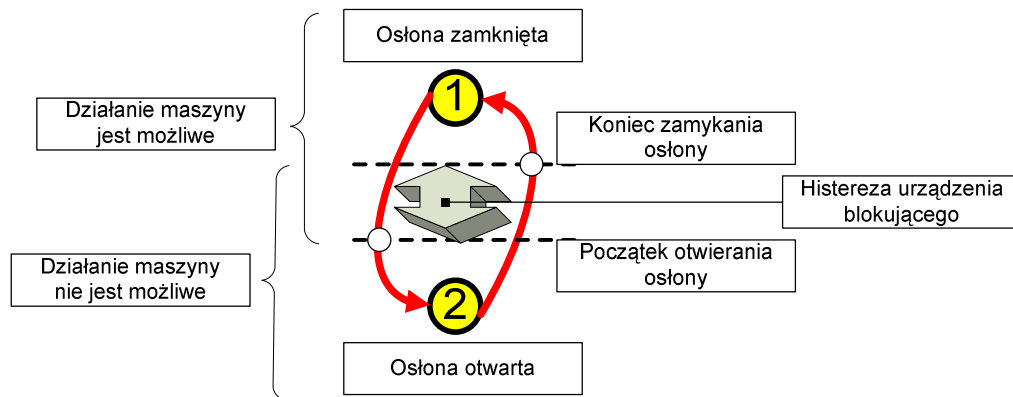
Kryterium 2.1. - dobór urządzenia blokującego powinien w możliwy do przewidzenia sposób uwzględniać warunki eksploatacji i środowiska pracy tych urządzeń (w tym rodzaj osłony i częstotliwość jej otwierania w sensie niezawodności wyłącznika). Ważne jest, aby instrukcja eksploatacji i konserwacji dokładnie wskazywała użytkownikowi co projektant rozumiał pod pojęciem właściwej eksploatacji.

Kryterium 2.2. - w procesie projektowania maszyny, którego elementem składowym jest projektowanie systemu bezpieczeństwa dąży się do minimalizacji ryzyka. Czynności redukcji wykonywane są w określonej kolejności, to znaczy wcześniej projektant ustala zagrożenia i ich wagę, a dopiero w konsekwencji środki oraz ich niezawodność – i tu jest miejsce na dobór urządzenia blokującego o określonej zasadzie działania i niezawodności.

Kryterium 2.3. - jak opisano niżej należy ustalić jaki czas jest potrzebny na wyeliminowanie danego ryzyka od momentu pobudzenia właściwego czujnika układu bezpieczeństwa (nie musi to w ogólności dotyczyć jedynie zagrożenia ruchem). Czas sumaryczny potrzebny do otwarcia osłony i zbliżenia części ciała do bezpośredniego zagrożenia nie może być krótszy od czasu wyeliminowania zagrożenia. Zatem w tym przypadku należy zastosować układ opóźniający, może być on zarówno mechaniczny (ryglowanie bezwarunkowe), jak i elektroniczny (ryglowanie warunkowe). Opis tych technik znajduje się na Rys. 6 i Rys. 7 oraz



Rys. 4 Umiejscowienie urządzeń blokujących na tle schematu działania maszyny wg PN-EN 1088.



Rys. 5 Zasada działania urządzenia blokującego bez ryglowania – dwa stany.

w komentarzu do nich.

Kryterium 2.4. - częstość dostępu stanowi ważny czynnik użytkowania urządzeń blokujących. Jest to związane z dwoma elementami: ponieważ większość tych urządzeń posiada część mechaniczną, więc częste otwieranie i zamykanie osłony rzutuje na ich niezawodność oraz niektóre urządzenia blokujące mogą stwarzać niepotrzebne utrudnienia operatorowi, jest to nieergonomiczne, więc może prowadzić do podwyższenia ryzyka.

Kryterium 2.5. – urządzenie blokujące stanowiąc część systemu bezpieczeństwa maszyny musi być w nim kompatybilne. Również w wielu przypadkach wymagane jest powiązanie sygnałami układu sterowania technologicznego maszyny i układu sterowania bezpieczeństwem, wobec tego może być konieczne zastosowanie np. dodatkowych styków informacyjnych w wyłącznikach krańcowych.

Kryterium 2.6. – projektant systemu bezpieczeństwa musi brać również pod uwagę możliwość nieuprawnionych manipulacji oraz możliwość przypadkowego uszkodzenia elementu. W takim wypadku konieczne jest np. stosowanie elementów w obudowach metalowych w miejscach szczególnego narażenia na zniszczenie oraz takiego doboru rodzajów elementów napędowych (trzcieni, rolek, czy dźwigni), aby były one w stanie spełniać prawidłowo swą rolę w dłuższym czasie. Zarówno elementy napędowe, jak i części osłon z nimi współpracujące muszą być wykonane w taki sposób, aby maksymalizować niezawodność działania. Należy przy tym uwzględniać również sztywność osłony oraz odpowiednio dobierać miejsce posadowienia wyłącznika.

Kwestie niniejsze będą również rozwijane niżej.

Urządzenia blokujące

Osłonom ruchomym w sposób nieodłączny towarzyszą urządzenia blokujące. Ich lokalizację w maszynach definiuje ogólny schemat zamieszczony w normie PN-EN 1088. Na Rys. 4 przedstawiono schemat współpracy osłon z innymi elementami maszyny w układzie bezpieczeństwa.

Przy analizie schematu z Rys. 4 należy oczywiście pamiętać, że chociaż zagrożenie ruchem jest

w maszynach postrzegane jako jedno z najważniejszych zagrożeń, to mogą istnieć też inne. Dlatego wejścia systemu sterowania maszyny bywają łączone np. z wyłącznikami lamp ultrafioletu, emiterami mikrofal itd.

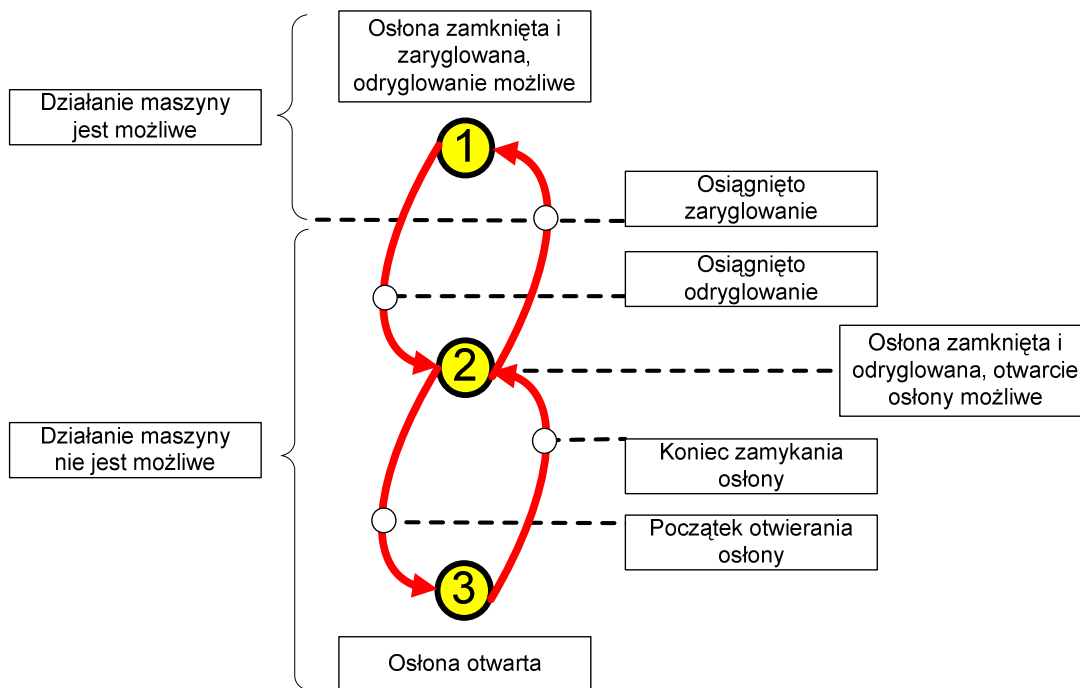
Z punktu widzenia niniejszej pracy ważnym elementem schematu 3.1. jest „bezpośrednie oddziaływanie mechaniczne” pomiędzy osłonami ruchomymi, a urządzeniami blokującymi. Przy czym przez urządzenia blokujące będące częścią układu sterowania bezpieczeństwem maszyny w sensie niniejszej publikacji należy rozumieć wyłączniki pozycyjne, których niektóre typy wyposażone są dodatkowo w funkcję ryglowania, a więc, tak jak uwidoczniło to na Rys. 4 jest możliwe oddziaływanie dwukierunkowe między tymi obiektami. Z tą różnicą, że o ile sam wyłącznik krańcowy jest czujnikiem, to jego funkcja ryglowania zalicza się do elementów wykonawczych. Poniżej zamieszczono kilka reprezentatywnych przykładów urządzeń blokujących, przystosowanych budową osłon ruchomych różnych rodzajów (patrz Rys.1).

Na Rys. 5 przedstawiono graf działania urządzenia blokującego bez ryglowania, czyli w najprostszej wersji konstrukcyjnej. W tym przypadku możliwe są dwa rozwiązania praktyczne:

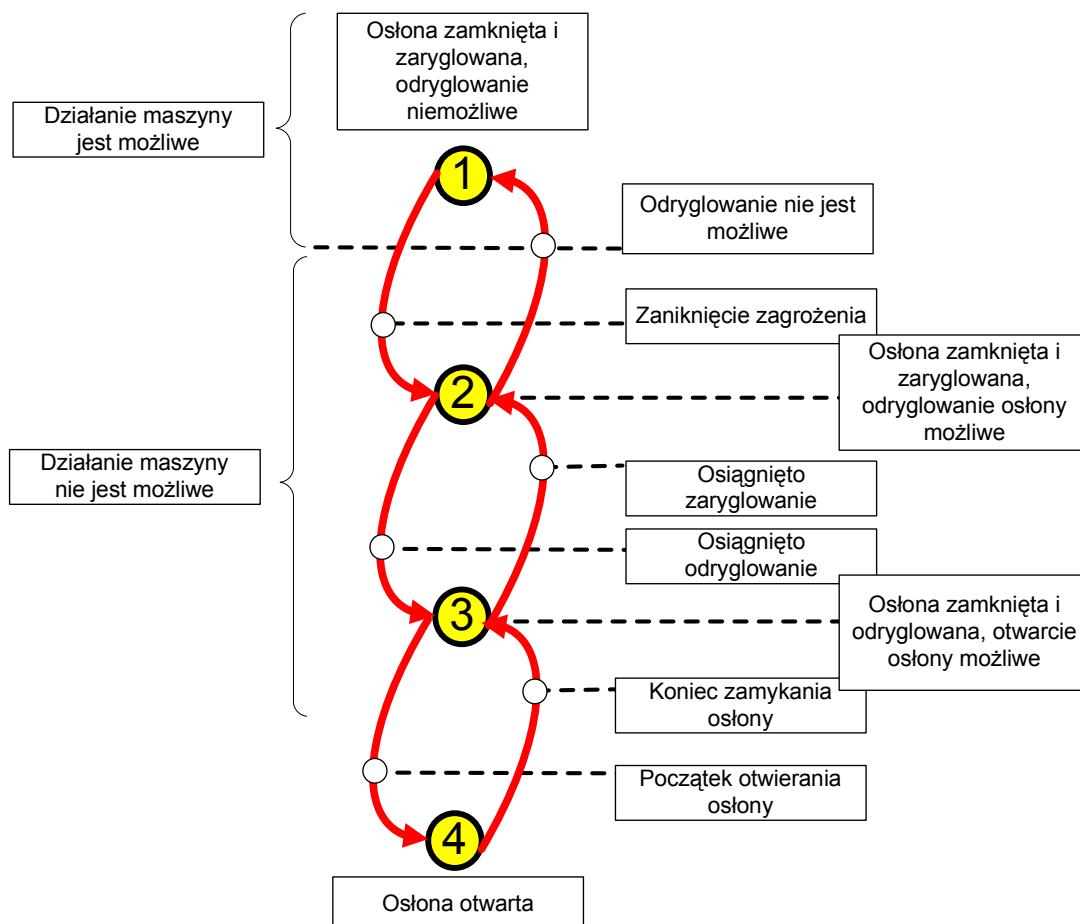
- urządzenie blokujące (tu: wyłącznik pozycyjny) jest związany z osłoną ruchomą w taki sposób, aby samo otwarcie (rozpoczęcie otwierania) osłony wyzwalało sygnał zatrzymania maszyny (lub jej sekcji),

- jak wyżej, ale zastosowania konstrukcja jest wyposażonej dodatkowo w urządzenie ryglujące (najczęściej mechaniczne, czyli po prostu zamek), którego odryglowanie następuje już po wygenerowaniu sygnału zatrzymania maszyny.

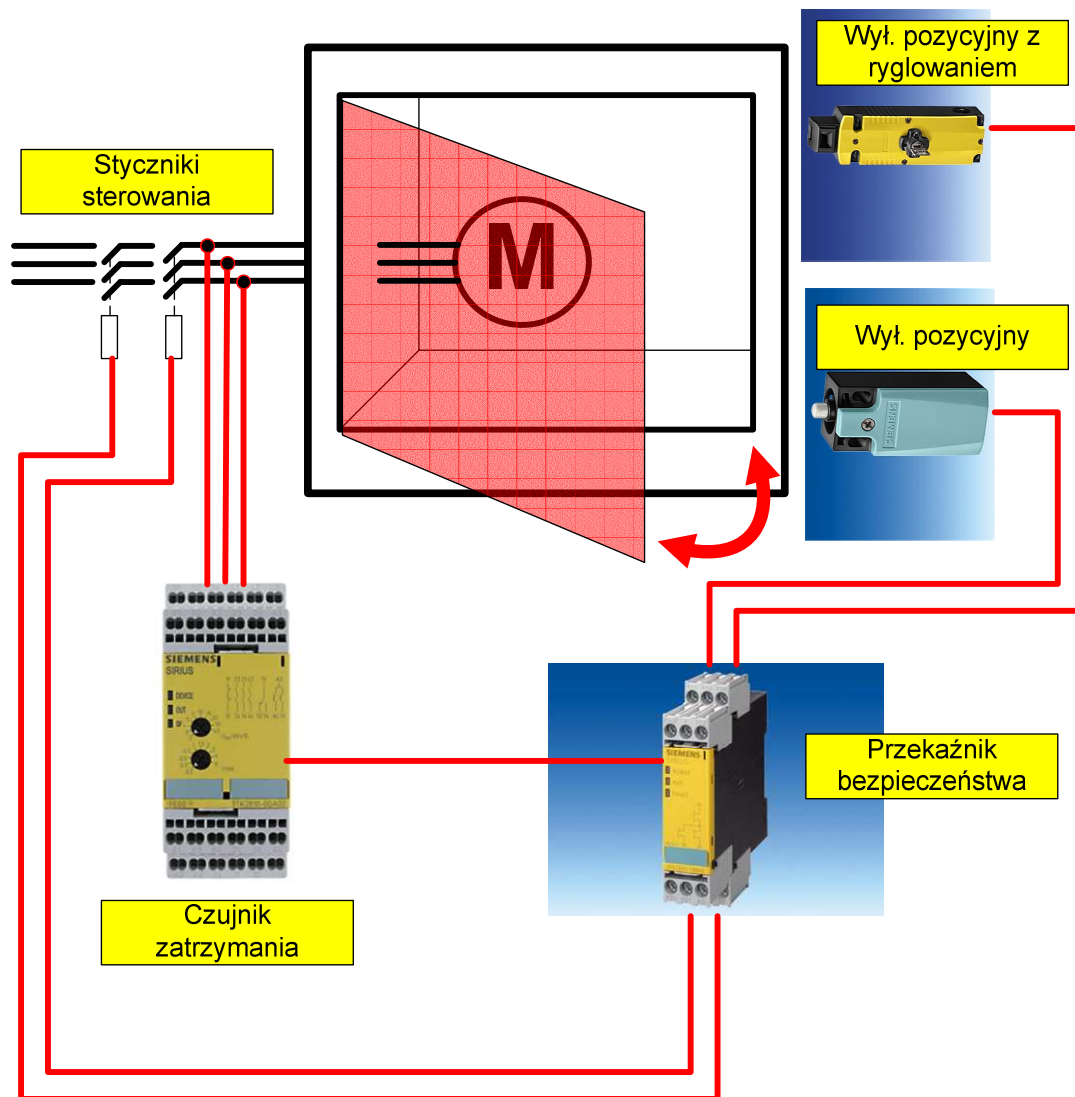
Na Rys. 6 przedstawiono graf działania urządzenia blokującego z funkcją ryglowania, przy czym w przypadku układu trzystanowego jest realizowane odryglowanie bezwarunkowe, to znaczy że urządzenie musi być skonstruowane w sposób zapewniający, że czas potrzebny do odryglowania jest nie mniejszy niż czas ustąpienia zagrożenia.



Rys. 6 Zasada działania urządzeń blokujących z ryglowaniem – przypadek odryglowania bezwarunkowego – trzy stany.



Rys. 7 Zasada działania urządzeń blokujących z ryglowaniem – przypadek odryglowania warunkowego – cztery stany.



Rys. 8 Zasada działania aplikacji wykorzystującej odryglowanie warunkowe z warunkiem stwierdzenia zaniku zagrożenia.

Jak zatem widać projektant musi wziąć pod uwagę warunek zaniku danego zagrożenia. Operator może przystąpić do odryglowywania i otwierania osłony w każdej chwili.



Na Rys. 7 przedstawiono graf działania aparatu z funkcją odryglowania warunkowego, to znaczy odryglowanie osłony staje się możliwe lub jest powodowane spełnieniem określonego warunku. Spotykane są dwa typy warunków odryglowania:

- warunek czasowy – jeżeli projektantowi znany jest czas zaniku zagrożenia, należy zapewnić, że od chwili sygnału wyłączenia, do momentu zezwolenia na odryglowanie upłynie czas nie mniejszy,
- warunek stwierdzenia zaniku zagrożenia – działaniu aparatu musi w układzie sterowania bezpieczeństwem towarzyszyć czujnik, który z wymaganą pewnością jest w stanie stwierdzić zanik danego zagrożenia, co generuje stan zezwolenia na odryglowanie. Przez zanik zagrożenia można rozumieć np. stwierdzony z wystarczającą pewnością stan zatrzymania się napędu. Może być

on identyfikowany z pomocą przełącznika bezpieczeństwa z rodziny 3TK2810.. opisanego niżej.

W dalszej części algorytmu działanie urządzenia blokującego przebiega już identycznie, to znaczy jak w układzie bezwarunkowym następuje odryglowanie i dalej otwarcie osłony.


Na Rys. 8 przedstawiono uproszczony schemat ideowy układu bezpiecznego zatrzymania maszyny w przypadku, gdy projektant zastosował wyłącznik pozycyjny z ryglowaniem. W danym wypadku osiągnięto kategorię bezpieczeństwa 4. oraz typ stopu „0”, dlatego wykorzystano redundancję zarówno dla wyłączników pozycyjnych (z których jeden jest z ryglowaniem) oraz dla styczników zasilania silnika napędu stanowiącego zagrożenie ruchem. Dokładny schemat aplikacji został przedstawiony na Rys. 8. Urządzenie z ryglowaniem warunkowym może działać w trybie automatycznym.

| Wyłączniki pozycyjne 3SF1 z oddzielnym elementem uruchamiającym oraz ASIsafe; kompletne aparaty | | | | |
|---|---------------|--|---------------------------|---------------------|
| Styki | Człon stykowy | Wersja | Wyświetlacz LED | Nr zamówieniowy |
| Obudowa z tworzywa sztucznego zgodnie z normą EN 50047 (szer 31 mm), 5 kierunków rozruchu | | | | |
|  2 NC | pełzający → | Wtyczka M12, 4-biegunowa Kanał 1 na styk rozwierny, kanał 2 na styk rozwierny | Status ASI F-In1,F-In2 | 3SF1 234-1QV40-1BA1 |
| Obudowa z tworzywa sztucznego zgodnie (szer 50 mm), 5 kierunków rozruchu | | | | |
|  1 NC | pełzający → | Wtyczka M12, 4-biegunowa, strona lewa Kanał 1 na styk rozwierny, kanał 2 na gniazdko M12 z prawej strony | Status ASI F-In1,F-In2 | 3SF1 244-1QV40-1BA2 |

Rys. 9 Spełnienie wybranych funkcjonalnych specyfikacji technicznych przez wyłączniki pozycyjne – przykładowe dane.

Opisywane w tej pracy wyłączniki pozycyjne spełniają oczywiście wymagania norm, takich jak PN-EN 60204-1 i PN-EN 50041 lub odpowiednio PN-EN 50047.

Istotne jest, jak to uwidoczono na Rys. 9

odpowiednim symbolem , że styki NC wyłączników używane w obwodach bezpieczeństwa pozwalają na zapewnienie działania w klasie bezpieczeństwa do wartości 4. Właśnie, dzięki technice wymuszonego rozwierania styków, zgodności faktu jednoczesnego otwarcia styków wyłącznika oraz osłony, a także redundancji liczby styków w aparacie.

Jeżeli w układzie bezpieczeństwa stosujemy jeden czujnik otwarcia osłony, to powinien on przełączać właśnie w sposób wymuszony!

Pozwala to na realizację aplikacji pracujących w trybie automatycznym.

Dodatkowe styki NO lub NC mogą znajdować zastosowanie odpowiednio w monitorowaniu układu sterowania bezpieczeństwem (SRECS) oraz do tworzenia układów kaskadowych.

Istotną cechą znacznej części asortymentu opisywanych wyłączników pozycyjnych i rygli jest zastosowanie odpornych mechanicznie i na inne czynniki środowiskowe obudów metalowych.

Podsumowanie

Konieczność stosowania technicznych środków ochrony w maszynach po raz pierwszy wprowadzanych na rynek (nowych) i „z drugiej ręki” (używanych) w świetle prawa obowiązującego kraje należące do wspólnego rynku Unii Europejskiej nie może być kwestionowana.

Problem decyzji stanowi zatem nie odpowiedź na pytanie, czy takie środki stosować, czy też nie, lecz w jaki sposób je stosować właściwie.

W części drugiej niniejszej publikacji zostanie przedstawiony przekrój rozwiązań praktycznych, które uwzględniają zarówno omówione tutaj podstawy teoretyczne, jak i pozwalają na wyeliminowanie konkretnych problemów projektowych i użytkowych. Przedstawione tam przykłady pozwalają na ułatwienie poruszania się użytkownikowi w złożonym asortymencie elementów produkcji Siemens oraz wspierają jego stosowanie zgodne z wymaganiami prawa.