

Tomasz Strawiński

Centralny Instytut Ochrony Pracy - Państwowy Instytut Badawczy (CIOP-PIB), Warszawa

WYKORZYSTANIE PODSYSTEMU STEROWANIA BLOKOWANIEM I RYGLOWANIEM DO OGRANICZANIA RYZYKA UŻYTKOWANIA MASZYN

THE APPLICATION OF INTERLOCKING AND LOCKING CONTROL SUBSYSTEM FOR RISK REDUCTION AT MACHINERY

Streszczenie: W artykule przedstawiono zagadnienia wykorzystania, do zapewniania bezpieczeństwa użytkowania maszyn, podsystemów sterowania blokowaniem i ryglowaniem współpracujących z osłonami ruchomymi. Od nowoczesnych rozwiązań osłon ruchomych z podsystemami sterowania blokowaniem i ryglowaniem wymaga się, aby realizowały swoje funkcje ochronne z wysoką pewnością działania i zapewniały dodatkowe możliwości funkcjonalne w przypadku sytuacji nietypowych. Podsystemy te powinny cechować się wysokim poziomem zapewnianego bezpieczeństwa funkcjonalnego w przewidywalnych warunkach środowiskowych oraz w wysokim stopniu uniemożliwiać obchodzenie funkcji osłon ruchomych.

Abstract: The paper presents the questions of application for safety of machinery the interlocking and locking control subsystems which work together with movable guards. The modern solutions of interlocking and locking control subsystems shall perform their protective actions with high confidence and provide the additional functional properties in case of abnormal situations. These subsystems shall rich the high level of functional safety in the reasonable predicted environment conditions and highly prevent the movable guard defeating.

Słowa kluczowe: osłona ruchoma, urządzenie blokujące związane z osłoną, urządzenie ryglujące związane z osłoną, funkcje bezpieczeństwa blokowania i ryglowania, związane z bezpieczeństwem elementy systemu sterowania

Keywords: movable guard, interlocking device associated with guard, locking device associated with guard, interlocking and locking safety functions, safety related elements of control system

1. Wstęp

Osłony maszyn są powszechnie stosowanymi środkami bezpieczeństwa pozwalającymi istotnie zmniejszyć ryzyko użytkowania maszyn poprzez uniemożliwienie dostępu do stref zagrożenia. Osłony maszyn składają się zazwyczaj z elementów zamocowanych na stałe (osłony stałe, obudowy) i elementów ruchomych (np. drzwi, bramki, pokrywy – tzw. osłony ruchome). Zadaniem osłon ruchomych jest zapewnienie czasowego dostępu do stref zagrożenia (technologicznego lub serwisowego), co powinno być możliwe wyłącznie po spełnieniu określonych wymagań bezpieczeństwa (najpowszechniej stosowanym wymaganiem jest osiągnięcie stanu zatrzymania działań maszyny stwarzających zagrożenie). Osłona ruchoma współpracująca z układem logicznym blokowania nazywana jest osłoną blokującą.

Ze względu na wymagania bezpieczeństwa możliwość otwarcia osłony ruchomej powinna być dostępna po spełnieniu określonych warunków.

Osiąga się to poprzez implementację odpowiedniego podsystemu sterowania blokowaniem i ryglowaniem, w których funkcje blokowania odpowiadają za samoczynne wyłączanie i blokowanie uruchomienia niebezpiecznych działań maszyny, a funkcje ryglowania za czasowe uniemożliwienie otwarcia osłony ruchomej.

W publikacjach prezentowane są analizy wymagań i rozwiązań technicznych urządzeń blokujących i ryglujących [1, 2, 3, 4], stanowiących wyposażenie ochronne maszyny i jednocześnie istotne części składowe podsystemu sterowania blokowaniem i ryglowaniem. Wyposażenie to powinno spełniać wymagania zasadnicze zawarte w [5] i wymagania szczegółowe normy zharmonizowanej [6], która również wskazuje na możliwość wyboru różnych wariantów działania i technologii wykonania (między innymi możliwe jest wykorzystanie techniki RFID, o czym wspomniano w pracy

[7]), z czym wiążą się określone właściwości funkcjonalne całego podsystemu.

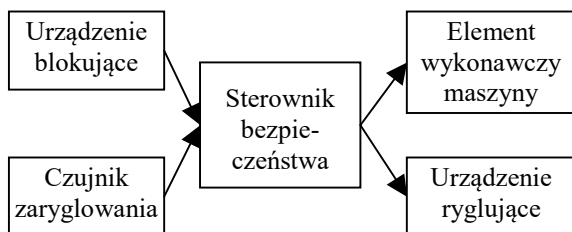
Ze względu na fakt, że powyżej określony podsystem jest elementem związanego z bezpieczeństwem systemu sterowania maszyny, powinien on, jako całość spełniać wymagania zasadnicze wg [5] i to nie tylko w zakresie wymagań dotyczących właściwości osłon ruchomych i ich wyposażenia ochronnego, ale również w zakresie wymagań dotyczących funkcjonowania systemu sterowania maszyny, ze szczególnym uwzględnieniem wymagań związanych z bezpieczeństwem funkcjonalnym. Odpowiednie wymagania szczegółowe dostępne są w normach zharmonizowanych [8] lub [9].

Obecnie nie są dostępne metodyki opracowywania podsystemów sterowania blokowaniem i ryglowaniem. Zakres zagadnień związanych z tym zadaniem jest dość szeroki i różnorodny. Zostanie on przedstawiony w dalszej części opracowania.

2. Podsystem sterowania blokowaniem i ryglowaniem

W podsystemie sterowania blokowaniem i ryglowaniem należy wyróżnić: urządzenia blokujące (jedno lub więcej), czujnik zaryglowania, sterownik bezpieczeństwa, element wykonawczy maszyny i element wykonawczy ryglowania osłony (urządzenie ryglujące) (rys. 1).

Osłona blokująca jest sprzężona z urządzeniami



Rys. 1. Struktura podsystemu blokowania i ryglowania

blokującymi i ryglującymi. W określonych przypadkach, gdy oszacowanie ryzyka dla sytuacji zagrożenia związanej z zastosowaniem osłony blokującej jest na niskim poziomie, możliwe jest niestosowanie czujnika zaryglowania (podsystem sterowania blokowaniem i ryglowaniem o niższym poziomie bezpieczeństwa funkcjonalnego) lub czujnika zaryglowania i urządzenia ryglującego (podsystem wyłącznie sterowania blokowaniem). Wtedy nie są realizo-

wane w podsystemie funkcje bezpieczeństwa związane z pominiętymi elementami.

3. Podstawowe funkcje podsystemu sterowania blokowaniem i ryglowaniem

Przy osłonie blokującej z urządzeniem ryglującym odryglowywanym warunkowo (wymagane spełnienie warunku bezpieczeństwa np. zatrzymania niebezpiecznych ruchów maszyny) należy uwzględnić następujące stany pracy układu:

- osłona zamknięta i zaryglowana z unie możliwionym odryglowaniem,
- osłona zamknięta i zaryglowana z umożliwionym odryglowaniem (spełniony warunek odryglowania),
- osłona zamknięta i odryglowana z możliwością otwarcia,
- osłona nie zamknięta.

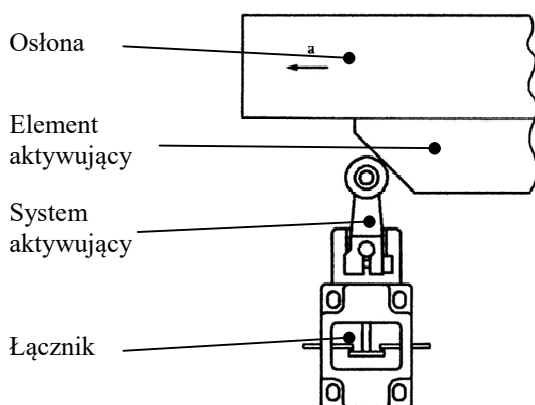
Podsystemy z odryglowywaniem bezwarunkowym lub bez ryglowania mają odpowiednio mniej stanów pracy.

Osłona blokująca i powiązany z nią podsystem sterowania blokowaniem i ryglowaniem powinny zapewniać realizację następujących funkcji:

- funkcje maszyny stwarzające zagrożenie „nadzorowane” przez osłonę nie mogą być realizowane do chwili zamknięcia osłony (potwierdzenie przez urządzenie blokujące) oraz zaryglowania osłony (potwierdzenie zmianą stanu czujnika zaryglowania),
- osłona pozostaje zamknięta i zaryglowana do chwili, aż zniknie ryzyko związane ze stwarzającymi zagrożenie funkcjami maszyny „nadzorowanymi” przez osłonę,
- otwarcie osłony (zmiana stanu urządzenia blokującego) lub jej odryglowanie (zmiana stanu czujnika zaryglowania) w czasie, gdy maszyna realizuje funkcje stwarzające zagrożenie, powoduje wysłanie polecenia zatrzymania tych funkcji,
- funkcje maszyny stwarzające zagrożenie „nadzorowane” przez osłonę mogą być realizowane w czasie, gdy jest ona zamknięta i zaryglowana (na ogół samo zamknięcie i zaryglowanie osłony nie powoduje rozpoczęcia realizacji funkcji maszyny stwarzających zagrożenie, lecz przy spełnieniu określonych warunków bezpieczeństwa związanych z daną maszyną możliwa jest realizacja dodatkowej funkcji sterowania uruchomieniem maszyny).

4. Urządzenie blokujące

Urządzenie blokujące jest czujnikiem sytuacji zagrożenia związanego z bezpieczeństwem systemu sterowania. Jest to urządzenie ochronne mechaniczne, elektryczne lub innego rodzaju, którego zadaniem jest wygenerowanie sygnału informującego o otwarciu osłony ruchomej. Elementy tego urządzenia związane są mechanicznie z osłoną blokującą i innymi elementami osłon maszyny. Schemat funkcjonalny urządzenia blokującego wykorzystującego elementy elektromechaniczne przedstawia rys. 2. W takim urządzeniu blokującym ruch otwierający osłonę ruchomą (w kierunku wskazanym strzałką) wywołuje ruch powiązany z osłoną elementu aktywującego, który oddziałuje na system aktywujący czujnika w konsekwencji powodując zmianę stanu łącznika (element przełączający sygnały wyjściowe).



Rys. 2. Schemat funkcjonalny elektromechanicznego urządzenia blokującego

Urządzenia blokujące mogą być wykonane jako:

- mechaniczne (kontaktowe) niekodowane (z krzywką obrotową lub liniową, z zawiasem) lub kodowane (z kluczem-wypustem, z kluczem przekładanym),
- bezkontaktowe niekodowane (indukcyjne, magnetyczne, pojemnościowe, ultradźwiękowe, optyczne) lub kodowane (magnetyczne, optyczne, stosujące technikę RFID).

Wyróżnia się następujące rodzaje urządzeń blokujących:

- z mechanicznie aktywowanym łącznikiem pozycyjnym z niekodowanym elementem aktywującym,
- z mechanicznie aktywowanym łącznikiem pozycyjnym z kodowanym elementem aktywującym,

- z bezstykowym łącznikiem pozycyjnym z niekodowanym elementem aktywującym,
- z bezstykowym łącznikiem pozycyjnym z kodowanym elementem aktywującym.

W zależności od wymagań wynikających z bezpieczeństwa funkcjonalnego, z jedną osłoną blokującą może być związanych jedno lub więcej urządzeń blokujących. Te urządzenia blokujące mogą być różnych rodzajów.

Zastosowanie kodowanego elementu aktywującego znacząco utrudnia obchodzenie urządzenia ochronnego i podnosi poziom bezpieczeństwa funkcjonalnego.

5. Urządzenie ryglujące i czujnik zaryglowania

Zadaniem urządzenia ryglującego osłonę w położeniu zamkniętym jest skuteczne uniemożliwienie jej otwarcia w sytuacjach związanych z wysokim ryzykiem. Urządzenie ryglujące może działać na zasadzie mechanicznej lub elektromagnetycznej (wykorzystanie pola elektromagnetycznego).

Działające na zasadzie mechanicznej urządzenie ryglujące powinno być rezultatem współdziałania dwóch sztywnych części tworzących zamknięcie. W urządzeniu ryglującym mechanicznym podstawowym elementem jest mechaniczny rygiel, który może być aktywowany przez sprężynę i zwalniany poprzez załączenie zasilania lub aktywowany przez załączenie zasilania i zwalniany przez sprężynę.

Położenie rygla (stan zaryglowania) może być monitorowany za pomocą czujnika zaryglowania. W celu efektywnego monitorowania urządzenia ryglującego osłonę należy zapewnić przez zastosowanie następujących metod:

- element ryglujący może znaleźć się w położeniu zaryglowania tylko wtedy, gdy osłona ruchoma znajduje się w położeniu zamknięcia, w tym przypadku położenie zamknięcia i zaryglowania osłony może być sprawdzane poprzez monitorowanie elementu ryglującego,
- w innym przypadku do funkcji blokowania powinno być stosowane monitorowanie elementu ryglującego i dodatkowo monitorowanie położenia osłony.

Urządzenie ryglujące i czujnik zaryglowania są zwykle zintegrowane w jednej obudowie. Mogą być także zintegrowane z urządzeniem blokującym, co bardzo ułatwia ich zastosowanie i przy odpowiednim wykonaniu umożliwia osiągnię-

cie wysokiego poziomu bezpieczeństwa funkcjonalnego.

6. Inne funkcje podsystemu sterowania blokowaniem i ryglowaniem

W rozwiązaniach konstrukcyjnych podsystemów sterowania blokowaniem i ryglowaniem uwzględnia się również środki zapobiegające obchodzeniu założonych funkcji bezpieczeństwa. Obchodzenie zastosowanych środków bezpieczeństwa przez pracowników jest przyczyną znacznej liczby wypadków związanych z użytkowaniem maszyn. Stąd w wymaganiach dotyczących urządzeń blokujących i urządzeń ryglujących określa się zasady minimalizujące możliwość obchodzenia, które w postaci dodatkowych funkcji powinny zostać zrealizowane w układzie sterowania.

Jeżeli elektromagnetyczne urządzenie ryglujące zostanie otwarte z użyciem siły, to należy zapewnić, aby proces technologiczny maszyny nie mógł być kontynuowany. Wymaganie to może zostać spełnione poprzez:

- opóźnienie funkcji resetu maszyny i możliwości jej powrotu do normalnego działania o czas nie mniejszy niż 10 min,
- sygnalizowanie niesprawności urządzenia ryglującego osłonę wymagającej wymiany lub naprawy (bez możliwości skasowania sygnału),
- wyświetlenie komunikatu ostrzegawczego w maszynie,
- zainicjowanie następującej lub równoważnej sekwencji działań polegających na: zatrzymaniu cyklu roboczego maszyny i zablokowaniu rodzaju pracy odpowiadającego normalnej produkcji, uruchomieniu funkcji testowania zamknięcia i zaryglowania osłony, po uzyskaniu pozytywnego wyniku testowania przywrócenie możliwości normalnej pracy produkcyjnej.

W niektórych zastosowaniach wymaga się również istnienia możliwości ewakuacyjnego odryglowania osłony (w sytuacjach, gdy strefy zagrożenia chronione przez osłonę są na tyle duże, że po zamknięciu i zaryglowaniu osłony może w nich przebywać człowiek). W takim przypadku wymaga się, aby:

- zamierzone odryglowanie osłony od wewnątrz chronionego obszaru powinno być możliwe i łatwe bez stosowania dodatkowych środków i bez względu na warunki działania maszyny,

- środki do odryglowania powinny być ręcznie obsługiwane i działać bezpośrednio na zasadniczy mechanizm ryglujący,
- odryglowanie powinno generować polecenie zatrzymania maszyny,
- środki do odryglowania ewakuacyjnego powinny być dostępne tylko od wewnątrz chronionego obszaru.

W zależności od wyników oceny ryzyka przeprowadzonej dla maszyny konieczne może być uwzględnienie w funkcjach podsystemu możliwości odryglowania awaryjnego. W tym przypadku wymaga się spełnienia następujących wymagań:

- zamierzone odryglowanie osłony od zewnątrz chronionego obszaru powinno być możliwe i być łatwo aktywowane bez dodatkowych środków, bez względu na warunki działania maszyny,
- środki do odryglowania powinny być ręcznie obsługiwane i działać bezpośrednio na zasadniczy mechanizm ryglujący,
- odryglowanie powinno generować polecenie zatrzymania,
- odryglowanie skutkuje blokadą środków do ryglowania w warunkach odpowiadających stanowi odryglowania,
- odryglowanie awaryjne powinno być wyraźnie oznakowane w celu wykorzystania w sytuacjach awaryjnych i powinno być umiejscowione i/lub osłaniane w celu ochrony przed przypadkowym otwarciem rygla,
- resetowanie awaryjnego odryglowania powinno być możliwe tylko poprzez użycie narzędzia lub innymi metodami (np. wymiana elementu składowego) lub na poziomie systemu sterowania.

Konieczne może być również zapewnienie środków do pomocniczego otwarcia osłony np. w sytuacjach zastosowania odryglowania poprzez podanie napięcia do urządzenia ryglującego i wystąpienia braku zasilania. Związane z tym przypadkiem wymagania są następujące:

- zamierzone odryglowanie osłony z zewnątrz chronionego obszaru powinno być możliwe tylko poprzez użycie narzędzia lub klucza i bez względu na warunki działania maszyny,
- odryglowanie pomocnicze powinno być chronione przed niezamierzonym oddziaływaniem (np. zabezpieczone plombą, ochronnym pokryciem), ze względu na

przeznaczenie do użycia tylko w wyjątkowych przypadkach,

- odryglowanie pomocnicze powinno generować polecenie zatrzymania maszyny,
- resetowanie odryglowania pomocniczego powinno być możliwe tylko poprzez użycie narzędzia lub innymi metodami (np. wymiana elementu składowego) lub na poziomie systemu sterowania.

7. Dobór podsystemu sterowania blokowaniem i ryglowaniem do maszyny

Dobór podsystemu blokującego i ryglującego do maszyny i osłony powinien być dokonany po rozważeniu wszystkich faz cyklu jej życia. Przy doborze należy uwzględnić:

- warunki użytkowania i zamierzony sposób użytkowania maszyny,
- zagrożenia występujące w maszynie,
- ciężkość możliwej szkody,
- prawdopodobieństwo uszkodzenia urządzenia blokującego,
- całkowity dobieg systemu i czas dostępu,
- wymagany dla funkcji bezpieczeństwa poziom zapewnienia bezpieczeństwa PL (wg [8]) lub poziom nienaruszalności bezpieczeństwa SIL (wg [9]),
- informacje dla użytkownika.

Zastosowanie urządzenia ryglującego powinno wynikać z porównania całkowitego dobiegu systemu (czas od zadziałania urządzenia blokującego do całkowitego zatrzymania zagrażającego działania maszyny) z czasem osiągnięcia przez osobę strefy zagrożenia mierzonym od momentu otwarcia osłony ruchomej. Jeżeli czas dobiegu systemu jest istotnie mniejszy niż czas osiągnięcia strefy zagrożenia to przy danej osłonie można zrezygnować z instalacji urządzenia ryglującego.

Urządzenie ryglujące powinno być dobierane pod względem wytrzymałości na występowanie oczekiwanych sił z uwzględnieniem występowania efektów dynamicznych, takich jak odbicia lub drgania. Wytrzymałość mechanicznych elementów ryglujących lub siła ryglowania rygli elektromagnetycznych powinny być wystarczające do zapobiegania otwarciu osłony z pozycji zamknięcia bez użycia ciężkich narzędzi. Całe wyposażenie układów logicznych blokowania powinno być dobierane z uwzględnieniem czynników środowiskowych, takich jak: temperatura, zapylenie, wilgoć, drgania i udary, warunki higieniczne, oddziaływania elektromagnetyczne.

8. Podsumowanie

Podsystemy sterowania blokowaniem i ryglowaniem związane z osłonami ruchomymi są obecnie jednym z najszerzej stosowanych środków bezpieczeństwa opartych na metodach sterowania, czyli działających niezależnie od działań podejmowanych przez operatora. Prawidłowe zastosowanie i wykonanie tego środka bezpieczeństwa wymaga odpowiedniego doboru elementów składowych, w tym szczególnie urządzenia blokującego i urządzenia ryglującego, prawidłowego określenia funkcji bezpieczeństwa, dostosowaniu sterownika bezpieczeństwa do wymagań związanych z realizacją założonych funkcji bezpieczeństwa i zapewnienia, że cały podsystem osiągnie wymagany oceną ryzyka poziom bezpieczeństwa funkcjonalnego, a także uwzględnienia w procesie projektowania wymagań środowiskowych. Zaleca się, aby stosowanie podsystemów sterowania blokowaniem i ryglowaniem przy osłonach ruchomych było dokonywane zgodnie z odpowiednią metodyką postępowania, która powinna obejmować fazy doboru elementów, określania funkcji sterowania, projektowania układów i opracowywania oprogramowania sterowników, weryfikacji i prób działania, a w końcu przeprowadzenie walidacji i oceny zgodności z wymaganiami zasadniczymi wg [5].

9. Literatura

- [1]. Jones D. Introduction of ISO 14119 “Interlocking Devices Associated with Guards – Rockwell Automation edition, 2015.
- [2]. Kocher P., Schmidt F. Interlocking devices associated with guards – principles for design and selection according to the new standard – article at: Machine Safety in Europe (editor Schmidt F.) – Wuppertal KA Schmersal GmbH & Co KG, 2014.
- [3]. Görnemann O. Design and selection of interlocking devices in accordance with EN ISO 14119 – Whitepaper SICK, 2016.
- [4]. Hutter G. Machinery Safety Survey Results: Safety Interlocks and Used Equipment – available in the web.
- [5] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 października 2008 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn (wdraża dyrektywę 2006/42/WE).
- [6]. PN-EN ISO 14119:2014-03 Bezpieczeństwo maszyn – Urządzenia blokujące sprzężone z osłonami – Zasady projektowania i doboru.
- [7]. Strawiński T. „Wykorzystanie techniki RFID do ograniczania ryzyka użytkowania maszyn” Maszyny Elektryczne – Zeszyty Problemowe Nr 105/2015,

119-124.

[8]. PN-EN ISO 13849-1,2 Bezpieczeństwo maszyn – Elementy systemów sterowania związane z bezpieczeństwem.

[9]. PN-EN 62061:2008 Bezpieczeństwo maszyn -- Bezpieczeństwo funkcjonalne elektrycznych, elektronicznych i elektronicznych programowalnych systemów sterowania związanych z bezpieczeństwem.

Autor

mgr inż. Tomasz Strawiński (tostr@ciop.pl) – Zakład Techniki Bezpieczeństwa – Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Informacje dodatkowe

Opracowanie wykonane na podstawie wyników zadania realizowanego w ramach IV Programu Wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”.