Marek DŹWIAREK

Central Institute for Labour Protection – NRI (Centralny Instytut Ochrony Pracy – PIB)

PREVENTION OF DEFEATING INTERLOCKING DEVICES ASSOCIATED WITH GUARDS

Zapobieganie obchodzeniu systemów blokujących przy osłonach

Abstract: Machine guards are commonly used safety measures that reduce the risk of machine use by preventing access to danger zones. However, a significant problem is the defeating of guards and safety devices. Research conducted in several EU countries has shown that in every country, over a dozen percent of shields are constantly defeated. The article presents the methodology of selecting and designing logic circuits that provide interlocking and locking safety functions. This methodology includes measures to limit the motivation to defeating interlocking and locking devices on guards and technical solutions that prevent defeating.

Keywords: safety of machinery, defeating, guards, safety devices, prevention solution

Streszczenie: Osłony maszyn są powszechnie stosowanymi środkami bezpieczeństwa zmniejszającymi ryzyko użytkowania maszyn poprzez uniemożliwienie dostępu do stref zagrożenia. Natomiast istotnym problemem jest obchodzenie osłon i urządzeń ochronnych. Badania prowadzone w kilku krajach UE wykazały, że w każdym kraju kilkanaście procent osłon jest stale obchodzonych. W artykule zaprezentowano metodykę doboru i projektowania układów logicznych zapewniających funkcje bezpieczeństwa blokowania i ryglowania. Metodyka ta uwzględnia środki ograniczania motywacji do obchodzenia urządzeń blokujących i ryglujących na osłonach oraz rozwiązania techniczne uniemożliwiające obchodzenie.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo maszyn, obchodzenie, osłony, urządzenia ochronne, rozwiązania zapobiegawcze

1. Introduction

In recent years, there has been a significant development of manufacturing techniques leading to greater automation of production processes, which enables increased productivity, production precision and reduced ergonomic effort of employees. At the same time, the number of machines used in production processes is increasing, which entails a significant increase in the occurrence of zones of their moving parts, whose operation is the source of significant hazards, mainly mechanical ones. Work on machines / automated lines basically consist in supervising the production process and taking intervention measures in case of irregularities in the course of the technological process. Usually the reason for these interventions is the process stoppage caused by the jamming or faulty operation of the technological sensors in which these machines / lines are equipped. Interventions require rapid and in many cases frequent access to danger zones, which means that the exposure of automated machinery / line operators to hazards is significantly high despite the automation of production. For this reason, safety measures based on control methods and limiting access to danger zones are widely applicable and fundamental in reducing accident risk in the areas of modern production methods. The most common safety measures restricting access to danger zones to machines are guards, including movable guards, equipped with interlocking or interlocking devices with locking. They are used when frequent access to danger zones is necessary.

Machinery guards usually consist of fixed elements (fixed guards, casings) and moving parts (e.g. doors, gates, covers - the so-called movable guards). The task of moving screens is to provide temporary access to danger zones (technological or service), which should only be possible if certain safety requirements are met (the most commonly used requirement is to achieve a stopping state of risky machine operations). The movable guard cooperating with the interlocking logic is called the interlocking guard. Due to safety requirements, the possibility of opening the movable guard should be available after meeting certain conditions. This is achieved through the implementation of an appropriate interlocking and locking control sub-system, in which the interlocking functions are responsible for automatic switching off and blocking the start of dangerous machine operations, and the locking functions temporarily prevent the opening of the mobile shield. The available publications present analysis of requirements and technical solutions of interlocking and locking devices [8, 9, 10, 11], which are protective equipment of the machine and at the same time essential components of the interlocking and locking control subsystem. This equipment should meet the essential requirements contained in [7] and specific requirements of the harmonized standard [6], which

also indicates the possibility of choosing different operational variants and technologies (among others it is possible to use RFID technology, as mentioned in [16]) what de determine specific functional properties of the entire subsystem. Due to the fact that the above-mentioned subsystem is part of the machine's safety-related control system [3], it should meet all the essential requirements in [2] as a whole, not only in terms of the properties of movable guards and their protective equipment, but also in terms of requirements concerning the operation of the machine control system, with particular emphasis on the requirements related to functional safety. The relevant detailed requirements are available in the harmonized standards [5] or [6].

2. Classification of interlocking and locking devices at guards

A blocking device is a mechanical, electrical or other device whose purpose is to prevent hazardous machine functions under certain conditions (usually as long as the guard is not closed). It means that the logic system realizing the interlocking function should perform the following safety functions:

- machine functions posing a hazard "supervised" by the guards can not be realized before the guard is closed - the start interlock function,
- opening the guard while the machine realizing hazardous functions, causes a stop command - a stop function related to safety and
- machine functions posing a hazard "supervised" by the guard can be implemented while it is closed (the closing of the guard does not trigger the start of the hazardous machine function) - the restart interlock function.

We divide the locking devices into 4 types:

- Type 1: interlocking device with mechanically activated position switch with uncoded activator.
- Type 2: interlocking device with mechanically activated position switch with coded activator.
- Type 3: interlocking device with non-contact activated position switch with uncoded activator.
- Type 4: interlocking device with non-contact activated position switch with coded activator.

Table 1**Overview of interlocking devices**

Examples of activation principles		Examples of activation elements		Type
Mechanical	Physical contact / force	uncoded	Rotary cam	Type 1
			Linear cam	
			Hinge	
		coded	Tonque (shaped actuator)	Type 2
			Trapped-key	
Non-contact	inductive	uncoded	Suitable ferric metal	Type 3
	magnetic		Magnet, solenoid	
	capacitive		Any subject object	
	ultrasonic		Any subject object	
	optical		Any subject object	
	magnetic	coded	Magnet coded	Type 4
	RFID		Coded RFID tag	
	optic		Optically coded tag	

The techniques of implementing the interlocking function cover a wide range of technical solutions. Interlocking devices can be classified on the basis of a large variety of criteria, e.g. including the type of coupling between the guard and the output system, or the type of technique used (electromechanical, pneumatic, electronic, etc.) in the output system. Table 1 presents the overview of interlocking devices.

A separate group consists of interlocking devices equipped with a guard locking function to keep it in the locked state while the machine function posing a hazard is realized. The guard locking function monitors when the guard locking device is in the locked state or not and sends the corresponding output signal. The logic system performing the locking function should therefore perform the following safety functions:

- machine functions posing a hazard "supervised" by the guard cannot be realized before the guard is closed and locked - the start interlocking function,
- the guard remains closed and locked until the risk of hazardous machine functions "supervised" by the guard disappears - locking function,
- machine functions posing a hazard "supervised" by the guard can be implemented while it is closed and locked (the closing and locking of the cover does not result in hazardous machine functions) - restart interlocking function.

When interlocking with locking is used, the opening of the guard should be prevented by the guard locking device until all hazards of the machine covered by the guard have disappeared.

3. Defeating of interlocking and locking devices at covers

Interlocking and locking devices ensure safe operation if they function properly. However, a significant problem is the defeating of protective guards and devices. The defeating of protective guards and devices is an action that makes the interlocking device unable to function or bypassing its function. As a result, the machine is used unintentionally by the designer, without the necessary safety measures. This is done by removing switches or actuators with the tools necessary for use while using the machine, or which are easily accessible for use (screwdrivers, wrenches, pliers), or items in everyday use, such as keys, coins, adhesive tape.

In 2006, an article [13] and a report [14] were published from a German project aimed at determining the scale and identifying the causes of the phenomenon. This project was led by BGIA (Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz) and BGAG (Berufsgenossenschaftliches Institut Arbeit und Gesundheit, currently IFA). The questionnaire analysis showed how large the scale of the problem is (14% of protective devices are defeated constantly, which is the cause of 25% of accidents at the machines). It also allowed to indicate the reasons for the defeating of protective devices. The second part was prepared based on a detailed analysis of about 200 cases of defeating of protective devices installed on machines. The issue of defeating of protective devices was analyzed in terms of technical, psychological, organizational and ergonomic aspects. On this basis, recommendations were made on the prevention of the defeating of protective devices.

Similar studies have also been conducted by HSE (Health and Safety Executive) and HSL (Health and Safety Laboratory) in the United Kingdom. The authors analyzed over 100 accident reports. According to these studies, presented in [15], the main cause of 12.4% of accidents while working on machines was the defeating of the guards. The result of this research was the international ISSA (International Social Security Association) project: "Stop defeating the Safeguards of Machines" [1].

Also, studies conducted at CIOP-PIB confirmed the large scale of the phenomenon of defeating of protective devices and guards in Poland [4]. In

questionnaire studies, the question about the risk assessment related to the defeating of protective devices and guards was asked to health and safety service employees and employees employed in positions equipped with protective devices and guards. Respondents answered that approx. 15% of protective devices and guards are defeated (9.2% still, and 4.9% sporadically). They also estimated that about 40% of machines equipped with protective devices or guards could lead to an accident caused by defeating protective systems. The percentage of accidents caused by circumvention was assessed at 23.3%, while permission to circumvent protective devices and shields at 14.6% of cases. This indicates the need to include measures to prevent the defeating of protective devices and guards in the machine design process.

4. Assessment of susceptibility to defeating

The research described above has shown that defeating of protective devices and guards occurs when this type of action is easily carried out and this gives benefits for worker. Thus, the susceptibility of a protective device or guard to defeating is a function of the difficulty of the activity and the motivation of an employee to behave like this.

In order to assess the susceptibility of a protective device or a guard to defeating, it is first necessary to assess the motivation of the machine operator to defeat safety devices. To this end, consideration should be given to what potential benefits could arise from defeating of interlocking or locking devices. The motivation to defeating the interlocking device may occur if, as a result of defeating operator of the machine can receive, e.g.:

- "facilitating" the performance of work,
- "increasing the speed and efficiency" of work,
- "increasing the use of the machine", e.g. defeating of the guard enables the machining of larger components,
- "increase the precision" of the work,
- "improving the visibility" of the workpiece,
- "improvement in hearing" (if it matters to the employee),
- "reducing the physical effort" that an employee must perform,
- "shortening the path" overcome by the employee,
- "increasing the freedom of movement" of an employee,
- "avoiding breaks, increasing smooth movement" of work.

If there is a motivation to defeating interlocking devices, it can be assumed that this phenomenon will occur. It should therefore be considered to limit the motivation to defeating safety devices by modifying the design to eliminate the potential benefits of defeating. However, if the motivation persists, then additional measures must be taken to prevent defeating.

5. Minimalizing of defeat possibilities

Each interlocking and locking device at guard should be designed in accordance with the safety requirements given in the standard [7]. If the motivation to defeating is identified, basic safety measures are insufficient. The basic means to prevent defeating is to prevent access to the elements of the interlocking device. This can be done through:

- installation out of reach,
- physical obstacles or screening,
- assembly in a hidden place.

It is also important to prevent the substitute activation of the locking device by easily accessible objects, e.g. coding of the activation elements.

Because handling often involves disassembling or changing the position of the device elements, it is necessary to prevent such action, e.g. the use of non-detachable fasteners (e.g. welding, gluing, unidirectional screws, riveting).

A very effective preventive measure is also the implementation of monitoring the defeating of the machine control system with the use of:

- condition monitoring, where plausibility tests detect unusual sequences of states that occur during the machine cycle as a consequence of circumvention. For example, the control system is waiting for the guard to open in a specific machine cycle. The lack of control signal means defeat.
- cyclic testing, where the operator receives from the control system the command to activate (open) the cover. The lack of the expected control signal means a defeat.

You can also use check for plausibility using an additional locking device, in which the defeat is only possible by taking an additional action, for example - separate assembly and wiring or other activation principle, requiring additional operation to defeat. The check for plausibility consists in checking whether both blocking devices react in a predefined manner.

The rules for using additional measures to prevent the circumvention of blocking and locking devices on machines are summarized in table 2.

Table 2**Rules for the application of additional anti-defeat measures**

Rules and measure	Type 1 locking devices with the exception of hinged and type 3	Only type 1 hinged locking devices	Blocking devices type 2 and 4 with low or medium coding level	Blocking devices type 2 and 4 with a high level of coding	Systems with a key, with medium or high level of coding
installation out of reach,	X		X		
physical obstacles or screening,					
assembly in a hidden place					
condition monitoring					
Non-detachable fixing of position switch and actuator					
Non-detachable fixing of position switch		M			M
Non-detachable fixing of actuator		M	M	M	M
check for plausibility using an additional locking device	R		R		
X mandatory application of at least one measure M mandatory measure R recommended measure					

6. Summary

Fixed and movable guard are one of the most commonly used safety measures for machines. There are practically no machines that do not have a guard. However, the conducted accident analyzes indicate that it is common to defeat interlocking and locking devices at guards. The article proposes a method for limiting this phenomenon. It includes:

- measures to limit the motivation to defeat interlocking and locking devices on guards and
- application of technical solutions to prevent defeating.

The methodology is presented in four steps:

1. Implementation of basic safety measures.
2. Check if there is a motivation to circumvent the locking device in a reasonably foreseeable manner
3. Check whether motivation can be eliminated or minimized through design measures or alternative ways of acting.
4. If the foreseeable motivation for defeating still exists, apply additional measures.

Proposed are also rules for the use of additional measures to prevent the defeating of interlocking and locking devices. In further activities, it is planned to develop information materials on requirements, methodology for assessing compliance with requirements and methodology for the selection and design of these devices.

7. References

1. Apfeld R.: Stop Defeating the Safeguards of Machines. 6th International Conference Safety of Industrial Automated Systems, Tampere, Finlandia, 14-15 June 2010.
2. Directive 2006/42/EC of The European Parliament And of The Council of 17 May 2006 on machinery, and amending Directive 95/16/EC (recast) Official Journal of the European Union, L 157/24 - 86, 9.6.2006.
3. Dźwiarek M.: 2006. Assessment of software and hardware safety of programmable control systems of machinery. [In:] Safety and Reliability for Managing Risk, ed. C. Guedes Soares, E. Zio, Taylor & Francis Group, London 2006.
4. Dźwiarek, M.: The defeating of protective devices and guards at machines - the scale of the phenomenon. *Bezpieczeństwo Pracy*, 6/2014, 2014.
5. EN 62061:2005+A1:2012+A2:2015 Safety of machinery – Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems. (PN-EN 62061:2008 Bezpieczeństwo maszyn – Bezpieczeństwo funkcjonalne elektrycznych, elektronicznych i elektronicznych programowalnych systemów sterowania związanych z bezpieczeństwem).
6. EN ISO 13849-1:2015 Safety of machinery – Safety-related parts of control systems – Part 1: General principles for design (ISO 13849-1:2015). (PN-EN ISO 13849-1:2016-02 Bezpieczeństwo maszyn – Elementy systemów sterowania związane z bezpieczeństwem - Część 1: Ogólne zasady projektowania).
7. EN ISO 14119:2013 Safety of machinery – Interlocking devices associated with guards – Principles for design and selection. (PN-EN ISO 14119:2014-03 Bezpieczeństwo maszyn – Urządzenia blokujące sprzężone z osłonami – Zasady projektowania i doboru).

8. Görnemann O.: Design and selection of interlocking devices in accordance with EN ISO 14119. Whitepaper SICK, 2016.
9. Hopkinson J., Lekka C.: Identifying the human factors associated with the defeating of interlocks on Computer Numerical Control (CNC) machines. Health and Safety Laboratory. RR974 Research Report, 2013.
10. Hutter G.: Machinery Safety Survey Results: Safety Interlocks and Used Equipment. Occupational Health & Safety Magazine Digital Edition. <https://ohsonline.com/Issues/2015/03/March-2015.aspx>, 2015.
11. Jones D.: Introduction of ISO 14119 “Interlocking Devices Associated with Guards”. Rockwell Automation edition, 2015.
12. Kocher P., Schmidt F.: Interlocking devices associated with guards – principles for design and selection according to the new standard. [In] Machine Safety in Europe, ed. Schmidt F.). Wuppertal KA Schmersal GmbH & Co KG, 2014.
13. Lüken K., Pardon H., Windemuth D.: Bypassing and defeating protective devices of machines – a multidimensional problem. INRS – Hygiene et securite du travail, 4(205), 2006.
14. Manipulation von Schutzeinrichtungen an Maschinen – Report. Raport wydany przez HVGB (Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften), www.hvgb.de, ISBN 3-88383-698-2, 2006.
15. Shaw S.: Machinery Accidents – Contributory factors. 6th International Conference Safety of Industrial Automated Systems, Tampere, Finlandia, 14-15 June 2010.
16. Strawiński T.: Wykorzystanie techniki RFID do ograniczania ryzyka użytkowania maszyn. Maszyny Elektryczne – Zeszyty Problemowe, Nr 105/2015, 2015.

ZAPOBIEGANIE OBCHODZENIU SYSTEMÓW BLOKUJĄCYCH PRZY OSŁONACH

1. Wstęp

W ostatnich latach nastąpił istotny rozwój technik wytwarzania prowadzący do większej automatyzacji procesów produkcyjnych, co umożliwia zwiększenie wydajności, precyzji wytwarzania i ograniczenie wysiłku ergonomicznego pracowników. Jednocześnie zwiększa się liczba maszyn zastosowanych w procesach produkcyjnych, co pociąga za sobą istotne zwiększenie występowania stref ich elementów ruchomych, których działanie jest źródłem istotnych zagrożeń, głównie mechanicznych. Praca przy maszynach/liniach zautomatyzowanych zasadniczo polega na dozorze procesu produkcyjnego i podejmowaniu działań interwencyjnych w przypadku nieprawidłowości w przebiegu procesu technologicznego. Zwykle przyczyną tych interwencji są zatrzymania procesu spowodowane zacięciami lub wadliwą pracą czujników technologicznych, w które te maszyny/linie są licznie wyposażone. Działania interwencyjne wymagają szybkiego i w wielu wypadkach częstego dostępu do stref zagrożenia, co sprawia, że ekspozycja pracowników obsługi zautomatyzowanych maszyn/linii na zagrożenia jest znacząco duża, pomimo zautomatyzowania produkcji. Z tego też względu środki bezpieczeństwa oparte na metodach sterowania i ograniczające dostęp do stref zagrożenia mają szerokie zastosowanie i podstawowe znaczenie w ograniczaniu ryzyka wypadkowego w obszarach stosowania nowoczesnych metod wytwarzania. Najbardziej rozpowszechnionymi środkami bezpieczeństwa, ograniczającymi dostęp do stref zagrożenia do maszyn są osłony, w tym osłony ruchome, wyposażone w urządzenia blokujące lub blokujące z ryglowaniem. Stosowane są one wówczas, gdy konieczny jest częsty dostęp 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 dostępnych publikacjach prezentowane są analizy wymagań i rozwiązań technicznych urządzeń blokujących i ryglujących [8, 9, 10, 11], stanowiących wyposażenie ochronne maszyny i jednocześnie istotne części składowe podsystemu sterowania blokowaniem i ryglowaniem. Wyposażenie to powinno spełniać wymagania zasadnicze zawarte w [7] 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 [16]), z czym wiąże się określone właściwości funkcjonalne całego podsystemu. Ze względu na fakt, że powyżej określony podsystem jest elementem związanego z bezpieczeństwem systemu sterowania maszyny [3], powinien on, jako całość spełniać wymagania zasadnicze wg [2] 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 [5] lub [6].

2. Klasyfikacja urządzeń blokujących i ryglujących przy osłonach

Urządzenie blokujące jest to urządzenie mechaniczne, elektryczne lub innego rodzaju, którego celem jest uniemożliwienie realizacji funkcji maszyny stwarzających zagrożenie, w określonych warunkach (zazwyczaj dopóty, dopóki osłona nie jest zamknięta). Oznacza to, że układ logiczny spełniający funkcję blokady powinien realizować następujące funkcje bezpieczeństwa:

- funkcje maszyny stwarzające zagrożenie „nadzorowane” przez osłonę nie mogą być realizowane do chwili zamknięcia osłony – funkcja blokady startu,
- otwarcie osłony w czasie, gdy maszyna realizuje funkcje stwarzające zagrożenie, powoduje wysłanie polecenia zatrzymania – związana z bezpieczeństwem funkcja zatrzymywania, oraz
- funkcje maszyny stwarzające zagrożenie „nadzorowane” przez osłonę mogą być realizowane w czasie, gdy jest ona zamknięta (samo zamknięcie osłony

nie powoduje rozpoczęcia realizacji funkcji maszyny stwarzających zagrożenie) – funkcja blokady ponownego uruchomienia.

Urządzenia blokujące dzielimy na 4 typy.

- Typ 1: urządzenie blokujące z mechanicznie aktywowanym łącznikiem pozycyjnym z niekodowanym elementem aktywowującym.
- Typ 2: urządzenie blokujące z mechanicznie aktywowanym łącznikiem pozycyjnym z kodowanym elementem aktywowującym.
- Typ 3: urządzenie blokujące z bezstykowym łącznikiem pozycyjnym z niekodowanym elementem aktywowującym.
- Typ 4: urządzenie blokujące z bezstykowym łącznikiem pozycyjnym z kodowanym elementem aktywowującym.

Techniki realizacji funkcji blokowania obejmują szeroki zakres rozwiązań technicznych. Urządzenia blokujące mogą być klasyfikowane na podstawie dużej różnorodności kryteriów, np. obejmujących rodzaj sprzężenia pomiędzy osłoną i systemem wyjściowym lub rodzaju zastosowanej techniki (elektromechaniczna, pneumatyczna, elektroniczna itp.) w systemie wyjściowym. W tabeli 1 przedstawiono klasyfikację urządzeń blokujących.

Tabela 1

Klasyfikacja urządzeń blokujących

Przykłady zasad aktywowania		Przykłady elementów aktywujących		Typ
Mechaniczne	Kontakt fizyczny/siła	Niekodowane	Krzywka obrotowa	Typ 1
			Krzywka liniowa	
			Zawias	
		Kodowane	Klucz -wypust (element aktywujący kształtowy)	Typ 2
			Klucz przekładany	
Bezkontaktowe	Indukcyjne	Niekodowane	Odpowiedni metal żelazny	Typ 3
	Magnetyczne		Magnes, cewka	
	Pojemnościowe		Dowolny przedmiot	
	Ultradźwiękowe		Dowolny przedmiot	
	Optyczne		Dowolny przedmiot	
	Magnetyczne	Kodowane	Magnes kodowany	Typ 4
	RFID		Kodowany znacznik RFID	
	Optyczne		Optycznie kodowany znacznik	

Osobną grupę stanowią urządzenia blokujące wyposażone w funkcję ryglowania osłony, w celu utrzymywania jej w stanie zaryglowania, podczas gdy realizowana jest funkcja maszyny stwarzająca zagrożenie. Funkcja monitorowania stanu zaryglowania osłony nadzoruje, kiedy urządzenie ryglujące osłonę jest w stanie zaryglowania lub nie i wysyła odpowiedni sygnał wyjściowy. Układ logiczny wykonujący funkcję ryglowania powinien więc realizować następujące funkcje bezpieczeństwa:

- funkcje maszyny stwarzające zagrożenie „nadzorowane” przez osłonę nie mogą być realizowane do chwili zamknięcia i zaryglowania osłony – funkcja blokady uruchomienia,
- osłona pozostaje zamknięta i zaryglowana do chwili, aż zniknie ryzyko związane ze stwarzającymi zagrożenie funkcjami maszyny „nadzorowanymi” przez osłonę – funkcja ryglowania,
- funkcje maszyny stwarzające zagrożenie „nadzorowane” przez osłonę mogą być realizowane w czasie, gdy jest ona zamknięta i zaryglowana (samo zamknięcie i zaryglowanie osłony nie powoduje realizacji funkcji maszyny stwarzających zagrożenie) – funkcja blokady ponownego uruchomienia.

Gdy stosowane jest blokowanie z ryglowaniem, otwarcie osłony powinno być uniemożliwione przez urządzenie ryglujące osłonę, dopóki wszystkie działania maszyny stwarzające zagrożenie, objęte osłoną nie zanikną.

3. Obchodzenie urządzeń blokujących i ryglujących przy osłonach

Urządzenia blokujące i ryglujące zapewniają bezpieczną pracę, jeśli właściwie funkcjonują. Natomiast istotnym problemem jest obchodzenie osłon i urządzeń ochronnych. Obchodzenie osłon i urządzeń ochronnych, jest to działanie, które czyni urządzenie blokujące niezdolnym do funkcjonowania lub powoduje ominięcie jego funkcji. W efekcie maszyna jest użytkowana w sposób niezamierzony przez projektanta, bez koniecznych środków bezpieczeństwa. Prowadzone jest to poprzez usunięcie łączników lub elementów aktywujących za pomocą narzędzi niezbędnych do stosowania podczas użytkowania maszyny, lub które są łatwo dostępne do użycia (wkrętaki, klucze, szczypce), lub przedmioty będące w codziennym użytkowaniu, takie jak klucze, monety, taśma klejąca.

W 2006 r. ukazały się artykuł [13] i raport [14] z niemieckiego projektu mającego na celu określenie skali i zidentyfikowanie przyczyn zjawiska. Projekt ten był prowadzony przez BGIA (Berufsgenossenschaftliches Institut für

Arbeitsschutz) i BGAG (Berufsgenossenschaftliches Institut Arbeit und Gesundheit, obecnie IFA). Analiza ankietowa pokazała, jak duża jest skala problemu (14% urządzeń ochronnych jest ignorowanych stale, co jest przyczyną 25% wypadków przy maszynach). Pozwoliła także wskazać przyczyny obchodzenia urządzeń ochronnych. Druga część została przygotowana w oparciu o szczegółową analizę około 200 przypadków ominięcia urządzeń ochronnych zainstalowanych na maszynach. Zagadnienie obchodzenia urządzeń ochronnych analizowano pod kątem technicznym, psychologicznym, organizacyjnym oraz z punktu widzenia ergonomii. Na tej podstawie sformułowano zalecenia dotyczące zapobiegania obchodzeniu urządzeń ochronnych. Podobne badania prowadziły również HSE (Health and Safety Executive) i HSL (Health and Safety Laboratory) w Wielkiej Brytanii. Autorzy przeanalizowali ponad 100 raportów z wypadków. Według tych badań, przedstawionych w [15], główną przyczyną 12,4% wypadków podczas pracy przy maszynach było obchodzenie osłon. Efektem tych badań było podjęcie międzynarodowego projektu ISSA (International Social Security Association): „Stop defeating the Safeguards of Machines” [1].

Badania prowadzone w CIOP-PIB również potwierdziły dużą skalę zjawiska obchodzenia urządzeń ochronnych i osłon w Polsce [4]. W badaniach ankietowych pytanie o ocenę ryzyka związanego z obchodzeniem urządzeń ochronnych i osłon zadano pracownikom służb BHP oraz pracownikom zatrudnionym na stanowiskach wyposażonych w urządzenia ochronne i osłony. Ankietowani odpowiedzieli, że ok. 15% urządzeń ochronnych i osłon jest obchodzonych (9,2% ciągle, a 4,9% sporadycznie). Ocenili również, że w przypadku ok. 40% maszyn wyposażonych w urządzenia ochronne lub osłony może dojść do wypadku spowodowanego obejściem systemów ochronnych. Odsetek wypadków spowodowanych obejściem został oceniony na 23,3%, natomiast przyzwolenie na obchodzenie urządzeń ochronnych i osłon na 14,6% przypadków. Wskazuje to, na konieczność uwzględnienia środków zapobiegania obchodzeniu urządzeń ochronnych i osłon w procesie ich projektowania.

4. Ocena podatności na obchodzenie

Opisane powyżej badania wykazały, że obchodzenie urządzeń ochronnych i osłon występuje, gdy jednocześnie tego rodzaju działanie jest łatwe do wykonania i daje to korzyści pracownikowi. Zatem podatność danego urządzenia ochronnego, bądź osłony na obejście jest funkcją trudności tej czynności i motywacji, jaką ma pracownik, żeby tak się zachować. W celu przeprowadzenia oceny podatności urządzenia ochronnego lub osłony na obejście należy przede wszystkim ocenić

motywację operatora maszyny do obejścia urządzeń bezpieczeństwa. Należy rozważyć, jakie potencjalne korzyści mogłyby wynikać z deaktywacji urządzeń blokujących lub ryglujących. Motywacja do obchodzenia urządzenia blokującego może występować w przypadku, gdy w wyniku obejścia uzyskuje się np.:

- „ułatwienia” wykonywania pracy,
- „zwiększenia szybkości i efektywności” pracy,
- „zwiększenia zakresu użycia maszyny”, np.: obejście elementów ochronnych umożliwia obróbkę większych elementów,
- „zwiększenia precyzji” wykonywanej pracy,
- „polepszenie widoczności” obrabianego elementu,
- „polepszenie słyszalności” (jeśli ma to znaczenie dla pracownika),
- „zmniejszenie wysiłku fizycznego”, który musi wykonać pracownik,
- „skrócenie drogi” pokonywanej przez pracownika,
- „zwiększenie swobody ruchów” pracownika,
- „unikanie przerw, zwiększenie płynności” pracy.

W przypadku stwierdzenia występowania motywacji do obchodzenia urządzeń blokujących, można przyjąć, że zjawisko to wystąpi. Należy więc rozważyć możliwość ograniczenia motywacji do obchodzenia urządzeń bezpieczeństwa, poprzez taką modyfikację projektu, aby wyeliminować potencjalne korzyści z obejścia. Jeśli jednak motywacja występuje nadal, wówczas należy zastosować dodatkowe środki w celu uniemożliwienia obejścia.

5. Zapobieganie obchodzeniu

Każde urządzenie blokujące i ryglujące na osłonie ruchomej powinno być zaprojektowane zgodnie z wymaganiami bezpieczeństwa, podanymi w normie [7]. W przypadku zidentyfikowania motywacji do obejścia podstawowe środki bezpieczeństwa są niewystarczające. Podstawowym środkiem zapobiegania obchodzeniu jest uniemożliwienie dostępu do elementów urządzenia blokującego. Można to zrealizować poprzez:

- montaż poza zasięgiem,
- przeszkody fizyczne lub osłanianie,
- montaż w miejscu ukrytym.

Istotne jest również zapobieganie zastępczemu aktywowaniu urządzenia blokującego przez łatwo dostępne przedmioty, np. kodowanie elementów aktywnych.

Ponieważ obchodzenie często wiąże się z demontażem lub zmianą położenia elementów urządzenia, należy więc zapobiec takiemu działaniu, np. zastosowanie nierozłączalnych mocowań (np. spawanie, klejenie, śruby jednokierunkowe, nitowanie).

Bardzo skutecznym środkiem zapobiegawczym jest również zaimplementowanie funkcji monitorowania obchodzenia do systemu sterowania maszyny z zastosowaniem rozwiązań:

- monitorowania stanu, gdzie testy wiarygodności wykrywają nietypowe sekwencje stanów mające miejsce podczas cyklu maszyny, będące konsekwencją obchodzenia. Na przykład system sterowania oczekuje na otwarcie osłony w określonym cyklu maszyny. Brak sygnału sterowania oznacza obejście.
- testowanie cykliczne, gdzie operator otrzymuje od systemu sterowania polecenie aktywowania (otwarcia) osłony. Brak oczekiwanego sygnału sterowania oznacza obejście.

Można także zastosować sprawdzanie wiarygodności z wykorzystaniem dodatkowego urządzenia blokującego, w którym obejście jest tylko możliwe poprzez podjęcie dodatkowego działania, na przykład – oddzielny montaż i oprzewodowanie lub inna zasada aktywowania, wymagająca dodatkowego działania w celu obchodzenia. Sprawdzanie wiarygodności polega na sprawdzaniu, czy oba urządzenia blokujące reagują we wcześniej określony sposób.

Zasady stosowania dodatkowych środków zapobiegania obchodzeniu urządzeń blokujących i ryglujących na maszynach zebrano w tabeli 2.

Tabela 2

Zasady stosowania dodatkowych środków zapobiegania obchodzeniu

Zasady i środki	Urządzenia blokujące typu 1 z wyjątkiem zawiasowych i typu 3	Tylko urządzenia blokujące typu 1 zawiasowe	Urządzenia blokujące typu 2 i 4 z niskim lub średnim poziomem kodowania	Urządzenia blokujące typu 2 i 4 z wysokim poziomem kodowania	Systemy z kluczem, ze średnim lub wysokim poziomem kodowania
Montaż poza zasięgiem	X		X		
Przeszkoda fizyczna					
Montaż w miejscu ukrytym					
Monitorowanie stanu					
Nieodłączalne mocowanie łącznika pozycyjnego i elementu aktywującego					

cd. tabeli 2

Nierozłączalne mocowanie łącznika pozycyjnego,		M			M
Nierozłączalne mocowanie elementu aktywującego		M	M	M	M
Dodatkowe urządzenie blokujące i sprawdzanie wiarygodności,	R		R		
X obowiązkowe zastosowanie przynajmniej jednego środka M obowiązkowe zastosowanie środka R środek zalecany					

6. Podsumowanie

Oslony stałe i ruchome należą do najpowszechniej stosowanych środków bezpieczeństwa przy maszynach. Praktycznie nie ma maszyn, w których nie zastosowano osłony. Przeprowadzone badania i analizy wypadków wskazują natomiast, że powszechnym zjawiskiem jest obchodzenie urządzeń blokujących i ryglujących na osłonach. W artykule zaproponowano metodę ograniczania tego zjawiska. Uwzględnia ona:

- środki ograniczania motywacji do obchodzenia urządzeń blokujących i ryglujących na osłonach oraz
- zastosowanie rozwiązań technicznych uniemożliwiających obchodzenie.

Metodykę przedstawiono w czterech krokach:

5. Implementacja podstawowych środków bezpieczeństwa.
6. Sprawdzenie, czy występuje motywacja do obchodzenia urządzenia blokującego w racjonalnie przewidywalny sposób.
7. Sprawdzenie, czy motywacja może być wyeliminowana lub zminimalizowana poprzez środki projektowe lub alternatywne sposoby działania.
8. Jeżeli przewidywalna motywacja do obchodzenia nadal istnieje, zastosowanie środków dodatkowych.

Zaproponowano również zasady stosowania dodatkowych środków zapobiegania obchodzeniu urządzeń blokujących i ryglujących osłony. W dalszych działaniach przewidywane jest opracowanie materiałów informacyjnych poświęconych wymaganiom, metodyce oceny zgodności z wymaganiami oraz metodyce doboru i projektowania tych urządzeń.

7. Literatura

1. Apfeld R.: Stop Defeating the Safeguards of Machines. 6th International Conference Safety of Industrial Automated Systems, Tampere, Finlandia, 14-15 June 2010.
2. Directive 2006/42/EC of The European Parliament And of The Council of 17 May 2006 on machinery, and amending Directive 95/16/EC (recast) Official Journal of the European Union, L 157/24 - 86, 9.6.2006.
3. Dźwiarek M.: 2006. Assessment of software and hardware safety of programmable control systems of machinery. [In:] Safety and Reliability for Managing Risk, ed. C. Guedes Soares, E. Zio, Taylor & Francis Group, London 2006.
4. Dźwiarek, M.: The defeating of protective devices and guards at machines - the scale of the phenomenon. *Bezpieczeństwo Pracy*, 6/2014, 2014.
5. EN 62061:2005+A1:2012+A2:2015 Safety of machinery – Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems. (PN-EN 62061:2008 Bezpieczeństwo maszyn – Bezpieczeństwo funkcjonalne elektrycznych, elektronicznych i elektronicznych programowalnych systemów sterowania związanych z bezpieczeństwem).
6. EN ISO 13849-1:2015 Safety of machinery – Safety-related parts of control systems – Part 1: General principles for design (ISO 13849-1:2015). (PN-EN ISO 13849-1:2016-02 Bezpieczeństwo maszyn – Elementy systemów sterowania związane z bezpieczeństwem - Część 1: Ogólne zasady projektowania).
7. EN ISO 14119:2013 Safety of machinery – Interlocking devices associated with guards – Principles for design and selection. (PN-EN ISO 14119:2014-03 Bezpieczeństwo maszyn – Urządzenia blokujące sprzężone z osłonami – Zasady projektowania i doboru).
8. Görnemann O.: Design and selection of interlocking devices in accordance with EN ISO 14119. Whitepaper SICK, 2016.
9. Hopkinson J., Lekka C.: Identifying the human factors associated with the defeating of interlocks on Computer Numerical Control (CNC) machines. Health and Safety Laboratory. RR974 Research Report, 2013.
10. Hutter G.: Machinery Safety Survey Results: Safety Interlocks and Used Equipment. Occupational Health & Safety Magazine Digital Edition. <https://ohsonline.com/Issues/2015/03/March-2015.aspx>, 2015.
11. Jones D.: Introduction of ISO 14119 “Interlocking Devices Associated with Guards”. Rockwell Automation edition, 2015.
12. Kocher P., Schmidt F.: Interlocking devices associated with guards – principles for design and selection according to the new standard. [In] Machine Safety in Europe, ed. Schmidt F.). Wuppertal KA Schmersal GmbH & Co KG, 2014.
13. Lüken K., Pardon H., Windemuth D.: Bypassing and defeating protective devices of machines – a multidimensional problem. *INRS – Hygiene et securite du travail*, 4(205), 2006.

14. Manipulation von Schutzeinrichtungen an Maschinen – Report. Raport wydany przez HVGB (Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften), www.hvgb.de, ISBN 3-88383-698-2, 2006.
15. Shaw S.: Machinery Accidents – Contributory factors. 6th International Conference Safety of Industrial Automated Systems, Tampere, Finlandia, 14-15 June 2010.
16. Strawiński T.: Wykorzystanie techniki RFID do ograniczania ryzyka użytkowania maszyn. Maszyny Elektryczne – Zeszyty Problemowe, Nr 105/2015, 2015.