

Wojciech KRAMAREK<sup>1</sup>

## STRATEGIA BEZPIECZEŃSTWA MASZYN I INSTALACJI

W artykule omówiono strategię bezpieczeństwa maszyn, urządzeń i procesów. Zgodnie z encyklopedyczną definicją (A.D. Chandler; 1962) strategia wyraża cele długoterminowe przedsiębiorstwa, odpowiadające generalnym kierunkom działania. Jednym z bardzo ważnych celów działania firmy jest zapewnienie bezpieczeństwa personelowi i środowisku. Cel ten można osiągnąć przez rozbudowę odpowiednich środków technicznych lub organizacyjnych. Artykuł przedstawia zagadnienie konstrukcji wewnętrznie bezpiecznych oraz aktywnych i pasywnych systemów bezpieczeństwa jako przykładów środków technicznych zwiększających bezpieczeństwo projektowanej maszyny lub procesu. Przedstawiono także zagadnienie wielowarstwowych poziomów zabezpieczeń oraz zagadnienie konstruowania układów w kierunku uszkodzeń bezpiecznych. Zamieszczono praktyczne przykłady ich realizacji, a na przykładzie reaktora jądrowego omówiono pasywny system bezpieczeństwa reaktora oraz układ awaryjny „fail-safe”. Ponadto omówiono wielowarstwowe poziomy zabezpieczeń, właściwe dla instalacji lub procesów stwarzających poważne zagrożenia dla bezpieczeństwa.

### 1. WPROWADZENIE

Każda maszyna (obiekt) wyposażona jest w układ sterowania technologicznego, umożliwiającą jej normalną pracę i osiąganie wymaganych parametrów procesu produkcyjnego. Ponadto musi być ona wyposażona w układ sterowania, który odpowiada za spełnienie funkcji bezpieczeństwa. Zadaniem systemów bezpieczeństwa określanych najczęściej jako ang. *Safety Instrumented Systems*, SIS, jest eliminowanie możliwości powstania niebezpiecznych sytuacji oraz w przypadku ich zaistnienia kontrola powstałego ryzyka.

Projekt układu sterującego odpowiedzialnego za bezpieczeństwo systemu zgodnie z obowiązującymi przepisami europejskimi musi być poprzedzony analizą ryzyka związanego z projektowanym obiektem. Zidentyfikowane ryzyko narzuca pewne metody rozwiązań, które ograniczają ryzyko do poziomu akceptowalnego.

Bezpieczeństwo maszyny/urządzenia lub procesu zależy głównie od trzech czynników:

- konstrukcji maszyny lub przebiegu procesu,
- zastosowanych rozwiązań systemów sterujących oraz użytych zabezpieczeń,
- zachowań ludzkich.

---

<sup>1</sup> Zakład Automatyzacji, Obrabiarek i Obróbki Skrawaniem, Wydział Inżynierii Produkcji Politechniki Warszawskiej

Minimalizacja zagrożenia następuje przez:

- (1) Wewnętrznie bezpieczną budowę samych maszyn oraz układów napędowych, przebiegu procesu, układów sterujących odpowiedzialnych za bezpieczeństwo, urządzeń mechanizujących i automatyzujących, środków transportu, wielkości i właściwości materiału obrabianego, doboru parametrów pracy itd.

Wewnętrznie bezpieczna budowa maszyny to:

- sama konstrukcja maszyny/urządzenia, która musi być tak pomyślana, aby eliminować w jak największym stopniu potencjalne źródła zagrożeń,
- sposób prowadzenia procesu, dobór jego parametrów,
- bezpieczne układy sterujące odporne na awarie elementów składowych.

- (2) Stosowanie technicznych środków ochronnych, jako podstawowych środków ochronnych. Środki ochronne są rozwiązaniami technicznymi, stosowanymi przy zabezpieczaniu maszyn i instalacji. Są one przeznaczone do jednoczesnej ochrony pracowników przed niebezpiecznymi sytuacjami i szkodliwymi czynnikami występującymi w środowisku pracy. Takimi urządzeniami ochronnymi są osłony, kurtyny świetlne, skanery laserowe, maty bezpieczeństwa, itp. które ograniczają dostęp do niebezpiecznego obszaru maszyny.
- (3) Informowanie o zagrożeniach i o różnego typu ograniczeniach. Po zastosowaniu wszelkich zgodnych ze stanem wiedzy i ekonomicznie uzasadnionych środków redukcji ryzyka pozostaje ryzyko resztkowe. O istniejącym ryzyku resztkowym musi być poinformowany użytkownik maszyny, poprzez instrukcje obsługi oraz za pomocą napisów, piktogramów lub sygnałów ostrzegawczych umieszczonych na maszynie.



Rys. 1. Fabryka chemiczna (Flixborough, UK), zniszczona w 1974 roku w wyniku wybuchu produkowanego w fabryce cyclohexane z powodu niedostatecznej rozbudowy układu odpowiedzialnego za bezpieczeństwo [1]

Fig. 1. The chemical factory (Flixborough, UK) destroyed by cyclohexane explosion in 1974 as a result of poor safety control system [1]

## 2. KONSTRUKCJE WEWNĘTRZNIE BEZPIECZNE

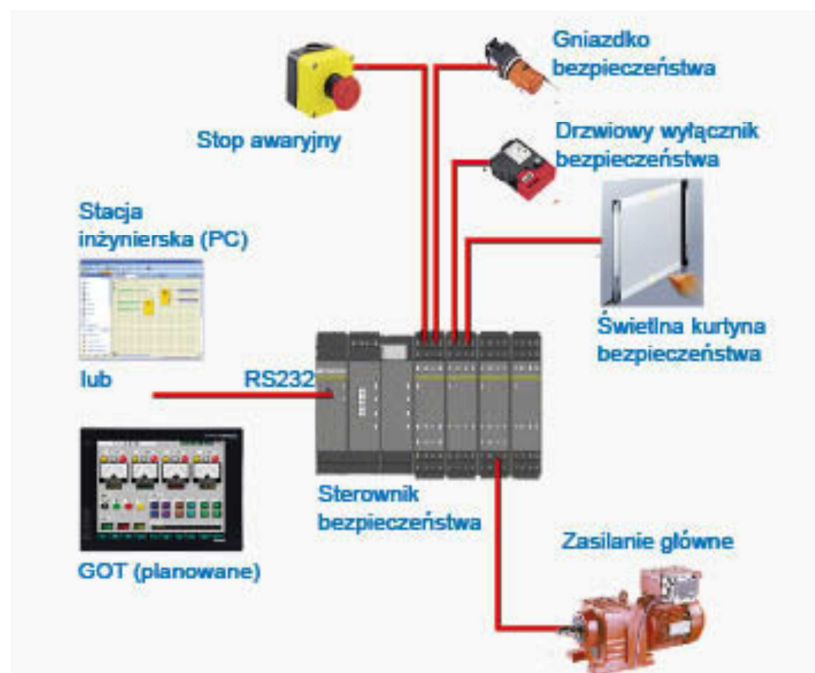
Najprostszą i najbardziej niezawodną metodą tworzenia bezpiecznych układów przemysłowych są rozwiązania bazujące na konstrukcjach/układach wewnętrznie

bezpiecznych. Jako konstrukcje wewnętrznie bezpieczne rozumiemy takie rozwiązania, które będąc możliwymi technicznie do zrealizowania oraz dopuszczalnymi z powodów ekonomicznych minimalizują bądź usuwają zagrożenia dla zdrowia ludzkiego i środowiska związane z maszyną lub procesem.

W wielu gałęziach przemysłu jak przemysł chemiczny, energetyka jądrowa, przemysł spożywczy, kosmetyczny, petrochemiczny, główne źródło zagrożenia tkwi często w procesie. Proces wewnętrznie bezpieczny stwarza niewielkie zagrożenie nawet w przypadku powstania awarii. Proces taki nie wymaga rozbudowanego układu sterującego odpowiedzialnego za bezpieczeństwo. Często jest przedstawiany jako przeciwieństwo do tych procesów, w których wysoki poziom zagrożeń jest kontrolowany przez sterujące systemy bezpieczeństwa. Przy projektowaniu układów wewnętrznie bezpiecznych usiłuje się nie dopuścić do powstawania zagrożeń zamiast tworzyć systemy kontrolujące te zagrożenia.

Konstrukcje wewnętrznie bezpieczne związane są z pojęciami:

- istniejące w sposób ciągły i nieusuwalny,
- zwiększenie bezpieczeństwa powstało w wyniku zmiany procesu lub przez rozbudowę maszyny, a nie zostało zwiększone na etapie późniejszym przez dodatkowe środki techniczne lub proceduralne,
- bezpieczeństwo polega na eliminacji lub minimalizacji ryzyka, a nie na jego kontroli,
- przeprowadzona ocena ryzyka powinna uwzględniać wszystkie fazy istnienia maszyny lub procesu, nie ograniczać się do procesu produkcyjnego, uwzględniać montaż, uruchomienie, remonty oraz demontaż.



Rys. 2. Przykłady różnych technicznych środków stosowanych w celu zwiększenia bezpieczeństwa [2]  
 Fig. 2. Some examples of technical methods for safety increase [2]

Przez ryzyko jest rozumiana fizyczna lub chemiczna właściwość związana z produktem (systemem) i stwarzająca potencjalne zagrożenie dla człowieka lub środowiska.

Układy wewnętrznie bezpieczne można tworzyć eliminując bądź minimalizując ryzyko przez zastosowanie odpowiednich materiałów lub procesów. Należy nadmienić, że wielokrotne rozważania dotyczące tworzenia maszyn i procesów wewnętrznie bezpiecznych przynoszą niewielkie efekty z powodu trudności, czasami niemożliwości technicznych, wyeliminowania niebezpiecznego czynnika. Chwilami o pozostawieniu niebezpiecznych, znanych od dawna, rozwiązań decydują względy ekonomiczne. Tworzenie konstrukcji i procesów wewnętrznie bezpiecznych jest kierunkiem przyszłości, zwłaszcza w inżynierii procesowej.

### 3. TECHNICZNE ŚRODKI OCHRONNE

W celu zwiększenia bezpieczeństwa działania maszyny lub instalacji prowadzona jest rozbudowa projektowanego lub modernizowanego układu o dodatkowe urządzenia ochronne. Tak dodatkowo rozbudowany układ sterujący jest najczęściej w literaturze dotyczącej zagadnień bezpieczeństwa maszyn i instalacji określany pojęciem Safety Instrumented Systems - SIS (układy bezpieczeństwa, układy związane z bezpieczeństwem).

Na rys. 2 przedstawiono przykład układu sterującego maszyną z użyciem różnych technicznych środków stosowanych w celu zwiększenia bezpieczeństwa. System osłon (mechaniczna, kurtyna świetlna) zabezpiecza przed niebezpiecznym wkroczeniem personelu w obszar zabroniony. Sygnały z osłon oraz ze stopu awaryjnego bezpieczeństwa przekazywane są do sterownika bezpieczeństwa o strukturze wielokanałowej, co daje gwarancję wykonania poleceń związanych z bezpieczeństwem.

Jeśli bezpieczeństwo maszyny lub procesu zależy od prawidłowego działania systemu bezpieczeństwa opartego na elementach elektrycznych (E), elektronicznych (E) lub programowalnych systemach elektronicznych (PE) (w skrócie systemy E/E/PE), wówczas na określenie takiego systemu używane jest określenie bezpieczeństwo funkcjonalne lub aktywne systemy bezpieczeństwa.

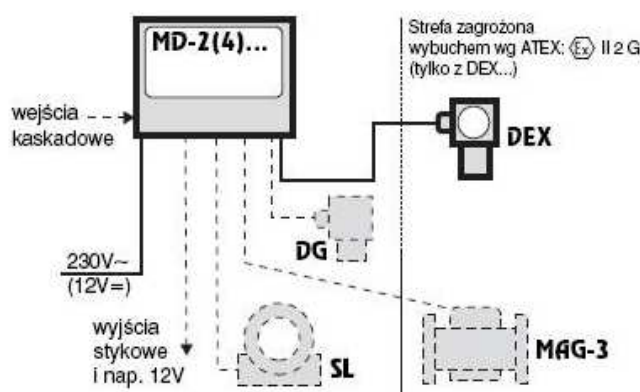
### 4. AKTYWNE SYSTEMY BEZPIECZEŃSTWA

W aktywnych systemach bezpieczeństwa występują odpowiednie czujniki informujące o stanach procesu lub maszyny, układy logiczne analizujące zaistniałą sytuację i podejmujące odpowiednie decyzje oraz zespoły wykonawcze realizujące wytworzone decyzje. Każdy z elementów tego łańcucha może zawieść, dlatego też trzeba tworzyć układy odporne na zaistniałe uszkodzenia zespołów.

Kompletny system bezpieczeństwa (SIS) składa się z pewnej ilości przyrządowych systemów bezpieczeństwa (SIF, *safety instrumented functions*), których zadaniem jest zmniejszenie potencjalnego niebezpieczeństwa mogącego wystąpić w czasie produkcji lub

jego wyeliminowanie. Pojęcie aktywnych systemów bezpieczeństwa również dotyczy systemów E/E/EP, współpracujących z układami hydraulicznymi lub pneumatycznymi.

Przykładem aktywnej funkcji bezpieczeństwa SIF jest Aktywny System Bezpieczeństwa Instalacji Gazowej typu GX (rys. 3). Zadaniem systemu GX jest zwiększenie bezpieczeństwa urządzeń gazowych w instalacjach zasilanych gazem. Układ reaguje w przypadkach wycieku gazu z instalacji i odcina w takich sytuacjach dopływ gazu do instalacji. W sytuacji zagrożenia spowodowanego wykryciem uchodzącego gazu z instalacji jest wysyłany sygnał do użytkowników i jednostek nadzorujących i kontrolujących pracę instalacji. Układ składa się z detektor gazu DEX lub DG o konstrukcji przeciwwybuchowej, z modułu MD-2 sterującego pracą systemu oraz zaworu odcinającego klapowego MAG-3. Możliwe jest dołączenie do układu sygnalizatora akustycznego SL oraz przesłanie sygnału alarmowego do jednostek kontrolnych.

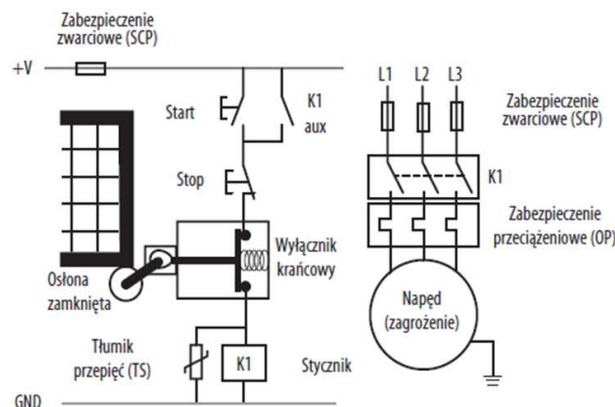


Rys. 3. Schemat blokowy aktywnego układu bezpieczeństwa wykrywania gazu [5]  
Fig. 3. The block diagram of active safety gas detection [5]

Wiarygodność systemu jako układu bezpieczeństwa wyraża się poziomem nienaruszalności bezpieczeństwa SIL (*Safety Integrity Level*). Poziom nienaruszalności bezpieczeństwa jest zdefiniowany jako prawdopodobieństwo, że system związany z bezpieczeństwem wykona w sposób zadowalający wymagane funkcje bezpieczeństwa we wszystkich określonych warunkach i w określonym przedziale. Norma definiuje cztery poziomy SIL. Poziom SIL 1 daje najmniejsze gwarancje poprawnego zachowania układu sterującego w warunkach zadziałania układu zapewniającego bezpieczeństwo, natomiast SIL 4 daje najwyższe gwarancje zadziałania.

Wiarygodność systemu jako układu bezpieczeństwa może być również określona zgodnie z normą PN-EN ISO 13849-1:2008 przez podanie wartości poziomu zapewnienia bezpieczeństwa (*performance level PL*). Występuje pięć poziomów zapewnienia bezpieczeństwa. Poziom PLa daje najmniejsze gwarancje poprawnego zachowania układu sterującego w warunkach przywołania funkcji bezpieczeństwa, natomiast PLe daje najwyższe gwarancje zadziałania. Poziom niezawodności działania układu sterującego odpowiedzialnego za bezpieczeństwo musi przez projektanta układu być dopasowany do ryzyka tworzonego przez maszynę lub proces. Im większe prawdopodobieństwo powstania ryzyka tym bardziej niezawodnie musi działać system odpowiedzialny za bezpieczeństwo.

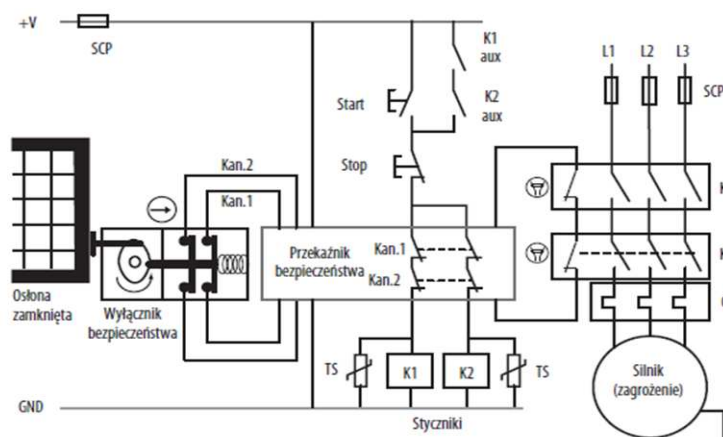
Przykład prostego układu elektrycznego sterowania silnikiem elektrycznym jest pokazany na rys. 4. Układ ten jest połączeniem układu realizującego funkcje produkcyjne z układem bezpieczeństwa. Zagrożenie dla personelu stanowi silnik elektryczny napędzający bliżej nieokreślony mechanizm. Funkcję bezpieczeństwa spełnia osłona maszyny, która po zamknięciu nie dopuszcza do wejścia ludzi w obszar niebezpieczny. Stan osłony jest sygnalizowany wyłącznikiem krańcowym, którego styki są umieszczone w obwodzie sterującym silnika. Niemożliwe jest uruchomienie silnika przy otwartej osłonie. Otwarcie osłony w trakcie pracy silnika powoduje jego zatrzymanie. Niestety, przedstawiony na rys nr 4 układ bezpieczeństwa działa prawidłowo tylko w przypadku poprawnego działania wszystkich elementów tworzących ten układ. Prosty błąd w jednym z elementów doprowadza do utraty funkcji ochronnej (np. pęknięcie sprężyny wyłącznika krańcowego lub zaspawanie styków głównych w styczniku).



Rys. 4. Schemat układu napędu silnika zrealizowanego w najniższej kategorii bezpieczeństwa [2]

Fig. 4. The diagram of motion drive – realised in the lowest safety category [2]

Niezawodność zadziałania tego układu jest oceniana jako niska, dlatego też układy tej kategorii mogą być stosowane tylko tam, gdzie ryzyko tworzone przez maszynę jest małe.



Rys. 5. Schemat układu elektrycznego napędu silnika zrealizowanego w wysokiej kategorii bezpieczeństwa [2]

Fig. 5. The diagram of motion drive – realised in the highest safety category [2]

Na rys. 5 jest przedstawiony zintegrowany układ odpowiedzialny za realizację funkcji produkcyjnych i bezpieczeństwa tego samego, omawianego wcześniej, silnika elektrycznego. Tym razem układ ten jest układem redundantnym zarówno w układzie sterującym jak i w układzie mocy tego silnika. Przez redundancję jest rozumiana obecność pożądanego zabezpieczenia na wypadek uszkodzenia elementu systemu odpowiedzialnego za bezpieczeństwo. Zastosowanie modułu bezpieczeństwa w obwodzie cewek styczników, zastosowanie specjalnego krańcowego wyłącznika oraz redundancja czyli zdwojenie styczników zapewniają znacznie wyższy poziom nienaruszalności bezpieczeństwa tego układu. Układ ten zapewnia realizację funkcji bezpieczeństwa przy błędzie (uszkodzeniu) jednego z elementów tworzących układ bezpieczeństwa. Układ nie gwarantuje pełnego bezpieczeństwa w każdej sytuacji ponieważ równoczesne wystąpienie dwóch błędów prowadzi do utraty funkcji bezpieczeństwa. Układ bezpieczeństwa tej kategorii lub kategorii wyższej musi być stosowany w warunkach podwyższonego ryzyka tworzonego przez maszynę.

## 5. PASYWNE METODY ZWIĘKSZANIA BEZPIECZEŃSTWA

Pojęcie “bierne bezpieczeństwo” jest często mylone z pojęciem „układy wewnętrznie bezpieczne”. Trzeba stwierdzić, że brak jest precyzyjnych definicji jednego i drugiego określenia a pojęcia te zazębiają się. Przyjęta strategia działania systemu może zapewnić bierne bezpieczeństwo. Określenie bierne bezpieczeństwo nie zawiera informacji o niezawodności działania systemu opartego o bierne elementy bezpieczeństwa.

Metody pasywne zwiększania bezpieczeństwa polegają na zastosowaniu takich rozwiązań, które w sytuacjach niebezpiecznych nie wymagają działania układów elektrycznych czy elektronicznych, nie wymagają działania układów logicznych analizujących powstałe zagrożenie ani nie wymagają źródeł zasilania. W układach biernego bezpieczeństwa w przypadkach zagrożenia następują jednak pewne działania elementów układu bezpieczeństwa jak: zmiana otwarcie szczelin dławiących lub zalanie układu, wprowadzenie prętów kontrolnych w stos w przypadku reaktorów atomowych, itp.

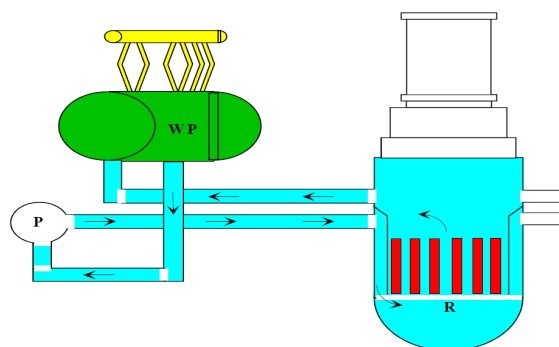
Zastosowane w maszynach i instalacjach pasywne systemy bezpieczeństwa nie wymagają zasilania w energię elektryczną lub inną. Wykorzystuje się w nich zjawiska fizyczne, takie jak siła grawitacji, konwekcja naturalna lub zmiana właściwości niektórych materiałów wraz z temperaturą. Takie systemy bezpieczeństwa są bardziej niezawodne w porównaniu z systemami aktywnymi. Prawdopodobieństwo zablokowania działania takiego systemu lub jego uszkodzenia jest bardzo małe.

W wielu pozycjach literatury jest podkreślane, że nie można mówić o biernych systemach bezpieczeństwa, tylko o biernych składnikach systemu bezpieczeństwa. Układy bezpieczeństwa określane jako pasywne coraz częściej są połączeniem aktywnych układów bezpieczeństwa z pasywnymi układami bezpieczeństwa, tworząc w ten sposób bardziej niezawodnie działające systemy bezpieczeństwa.

W energetyce jądrowej, gdzie zagadnienia bezpieczeństwa są stawiane absolutnie priorytetowo, od wielu lat trwają prace nad tworzeniem układów zapewniających



bezpieczną pracę reaktorów. Utrata kontroli nad reaktorem może spowodować bardzo szybki wzrost mocy reaktora i nadmierne wydzielanie ciepła, którego nie będzie w stanie odprowadzić załączony awaryjny system chłodzenia. W konsekwencji następuje szybki wzrost temperatury rdzenia. W pierwszym etapie elementy rdzenia rozszerzą się termicznie, w drugim etapie ulegną stopieniu lub zniszczeniu poszczególne elementy konstrukcyjne rdzenia, uran w zetknięciu z wodą zacznie się palić. Wynikiem może być pożar a w konsekwencji wyrzucenie do atmosfery substancji radioaktywnych.



Rys. 6. Układ pasywnego chłodzenia reaktora jądrowego [4]  
Fig. 6. The passive cooling system of nuclear reactor [4].

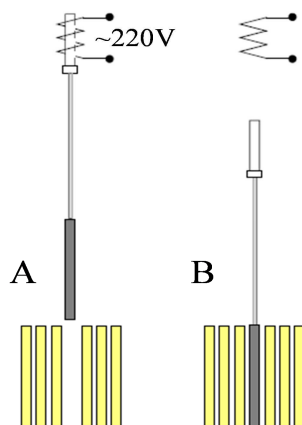
Bardzo poważnym problemem z punktu bezpieczeństwa pracy reaktora jest awaryjne zatrzymanie reaktora. Zatrzymanie reaktora nie powoduje natychmiastowego zaprzestania wydzielania ciepła. Zwykle po wyłączeniu moc reaktora spada po minucie do 7 procent, a po godzinie do 1 procenta mocy nominalnej. W związku z tym po wyłączeniu reaktora musi być zapewniony obieg chłodziwa. Jeden awaryjny obieg chłodzenia może ulec uszkodzeniu, dlatego są tworzone obiegi redundantne. Współczesne reaktory buduje się w taki sposób by nawet w przypadku poważnych awarii w systemie chłodzenia zapewniać oddawanie ciepła poprzez systemy pomocnicze lub tzw. pasywne systemy bezpieczeństwa. W tym ostatnim przypadku konstrukcja reaktora umożliwia samo-wychładzanie rdzenia bez elektrycznego zasilania systemu bezpieczeństwa. Na rys. 6 przedstawiono układ biernego chłodzenia rdzenia reaktora używany w przypadku wyłączenia reaktora. Do zapewnienia bezpieczeństwa działania reaktora wykorzystano prawa fizyki, a mianowicie zjawisko konwekcji naturalnej. Woda chłodząca elementy paliwowe oddaje ciepło w wytwornicy pary (WP). Różnica poziomu cieczy w wytwornicy oraz w stosie atomowym oraz zjawisko konwekcji cieplnej wystarcza do rozproszenia mocy cieplnej powstającej po zatrzymaniu pracy reaktora. Pompy w tym obiegu służą jako dodatkowe elementy zabezpieczające, nie ma potrzeby ich używania w przypadku awaryjnego lub zamierzonego wyłączenia reaktora.

## 6. USZKODZENIE W KIERUNKU BEZPIECZNYM ( FAIL-SAFE)

Fail-safe system lub element związany z bezpieczeństwem to taki układ, który w przypadku pojawienia się awarii nie powoduje dodatkowego zagrożenia dla obsługi lub



wyposażenia tylko powoduje przejście układu w stan bezpieczny. Przykładem zastosowania "fail-safe" układu w systemie bezpieczeństwa reaktora jądrowego jest utrzymywanie prętów kontrolnych w stanie podniesionym przy pomocy elektromagnesów. Gdy z jakiegokolwiek powodu (awarii systemu) w obwodzie elektromagnesu zabraknie prądu, pręty opadną do rdzenia wygaszając reaktor, niezależnie od woli i intencji operatora.



Rys. 7. Przykład "fail-safe" układu awaryjnego zatrzymywania reaktora [4]  
 Fig. 7. An example of "fail-safe" emergency stopping system for nuclear reactor[4]

Układy elektryczne są standardowo zabezpieczane bezpiecznikami, które w przypadku przeciążenia elementów elektrycznych powodują zaprzestanie przepływu prądu w układzie. Układ przestaje działać, ale kosztowne elementy nie ulegają zniszczeniu.

## 7. WIELOWARSTWOWE POZIOMY ZABEZPIECZENIE

Wielowarstwowe poziomy zabezpieczeń są czasami nazywane ochroną lub obroną w głąb. Zasada ta stanowi jedną z fundamentalnych zasad projektowania zakładów chemicznych, elektrowni jądrowych lub zakładów petrochemicznych, czyli zakładów stwarzających poważne zagrożenia. Zasada ta zakłada trzy poziomy bezpieczeństwa. Pierwszy z tych poziomów to prewencja (zapobieganie usterkom), drugi to nadzór nad przebiegiem procesu, (wykrywanie i przewidywanie awarii) natomiast trzeci poziom dotyczy minimalizacji skutków zaistniałej awarii.

Na pierwszym poziomie przewiduje się wprowadzanie do projektu rozwiązań sprzyjających bezpieczeństwu prowadzonego procesu. Do rozwiązań tych zaliczamy:

- zakaz stosowania materiałów łatwo palnych oraz toksycznych.
- dobór napędów układów sterowania i regulacji, tak aby awarie zasilania powodowały przerwanie przebiegu procesu,
- objęcie programem zapewnienia jakości projektu i budowy zakładu [6],
- wszystkie systemy istotne dla funkcjonowania obiektu muszą być redundantne, o różnej zasadzie działania i rozdzielone przestrzennie,

- testowanie układów przed odbiorem obiektu i w trakcie całego jego użytkowania zgodnie z założonymi cyklami.

Drugi poziom zabezpieczeń zakłada, że mimo zastosowanych środków technicznych oraz przeprowadzonych szkoleń personelu mogą wystąpić błędy obsługowe oraz awarie urządzeń. Sytuacja taka wymaga przewidzenia dodatkowych układów zabezpieczeń awaryjnych, które zapewnią przerwanie procesów, wyłączenie przebiegu procesów i doprowadzenie ich do stanu bezpiecznego

Trzeci poziom zabezpieczeń zakłada, że mimo wszelkich zastosowanych systemów zabezpieczeń awaria nastąpiła. Aby przeciwdziałać skutkom takiej sytuacji tworzone są dodatkowe systemy przeciwdziałania skutkom awarii. Mamy tutaj na myśli osłony metalowe i żelbetonowe, kurtyny wodne, tamy, fosy, działanie awaryjnych służb zakładowych oraz służb lokalnych.

Obrona w głąb polega zatem na łączeniu wszelakich form zwiększających bezpieczeństwo obiektu. Występują tutaj konstrukcje wewnętrznie bezpieczne, aktywne i pasywne systemy zabezpieczeń, systemy uszkodzeń w kierunku bezpiecznym oraz procedury i instrukcje bezpieczeństwa.

## 8. PODSUMOWANIE

Zagadnienia bezpiecznej pracy maszyn i instalacji są postrzegane obecnie przez Unię Europejską jako podstawowy problem przemysłowy. Typowym rozwiązaniem zwiększającym bezpieczeństwo pracy jest stosowanie aktywnych systemów bezpieczeństwa o poziomie niezawodności działania dopasowanym do możliwych zagrożeń. Wyższy poziom bezpieczeństwa zapewniają pasywne systemy bezpieczeństwa, bardziej odporne na awarie, aczkolwiek trudniejsze do realizacji. W procesach stwarzających zagrożenia dla społeczności lokalnych niezbędne jest stosownie wielowarstwowych poziomów zabezpieczeń. Najnowsze kierunki rozwoju systemów bezpieczeństwa to tworzenie systemów wewnętrznie bezpiecznych.

## LITERATURA

- [1] WIKI, 2012, <http://pl.wikipedia.org/wiki>.
- [2] ROCKWELL, 2011, <http://www.rockwellautomation.com>.
- [3] SCHMERSAL, 2012, <http://www.schmersal.pl>.
- [4] STRUPCZEWSKI A., 2010, *Bezpieczeństwo elektrowni jądrowych dawniej i dzisiaj*. Instytut Energii Atomowej, [http://www.iea.cyf.gov.pl/nowa/images/stories/iea/ej/szkola\\_ej/referaty/zagadnienia\\_ogolne/5\\_A\\_Strupczewski\\_bezpieczenstwo\\_elektrowni.pdf](http://www.iea.cyf.gov.pl/nowa/images/stories/iea/ej/szkola_ej/referaty/zagadnienia_ogolne/5_A_Strupczewski_bezpieczenstwo_elektrowni.pdf).
- [5] DETEKTORY, 2012, <http://www.detektory.pl/index>.
- [6] OBORSKI P., 2004, *Man-machine interactions in advanced manufacturing systems*, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 23, 227-232.

## THE SAFETY STRATEGY FOR MACHINE INSTALLATION

The paper presents safe strategy for machines and processes in industrial systems. Elimination of hazards or prevention of risks connected to the hazard is possible by designing active or passive safety systems. Another thing discussed is the problem of Safety Layer Protection as a countermeasure crucial in any hazardous plants such as oil and gas or nuclear plants. They are used to protect humans, plant and the environment in case the process goes beyond the control margins. Newest solutions are connected with methodology of inherently safe designs. In the paper there are presented examples of different safety systems like passive safe system and fail safe system used for protection of nuclear reactors.