

Bezpieczeństwo maszyn w górnictwie węgla kamiennego – ocena i redukcja ryzyka, wyznaczanie Poziomu Zapewnienia Bezpieczeństwa PL (Performance Level)

*W artykule przedstawiono metodykę oceny ryzyka i jego zmniejszania wg PN-EN ISO 12100 oraz wyznaczania Poziomu Zapewnienia Bezpieczeństwa PL wg PN-EN ISO 13849-1. Omówiono procedurę wyznaczania PL systemu sterowania związane-
go z bezpieczeństwem, gdy podsystemy składowe mają określone poziomy PL oraz
gdy samodzielnie należy wyznaczyć PL danego podsystemu, bazując na kategorii
układu, oczekiwanym czasie do zaistnienia niebezpiecznego uszkodzenia $MTTF_d$,
pokryciu diagnostycznym DC oraz uszkodzeniach o wspólnej przyczynie CCF. Po-
dano przepisy wprowadzające stosowanie zasad bezpieczeństwa maszyn w Polsce.*

1. WSTĘP

Bezpieczeństwo w podziemnych zakładach górniczych węgla kamiennego jest rozpatrywane w wielu aspektach. Podstawą jest uwzględnianie zapisów ustawy *Prawo geologiczne i górnicze* [9], które stanowi (art. 117), że przedsiębiorca jest obowiązany m.in. „rozpoznawać zagrożenia związane z ruchem zakładu górniczego i podejmować środki zmierzające do zapobiegania i usuwania tych zagrożeń, a także oceniać i dokumentować ryzyko zawodowe oraz stosować niezbędne rozwiązania zmniejszające to ryzyko, w tym przez sporządzenie dokumentu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia”. Stąd istotna jest identyfikacja czynników związanych bezpośrednio z bezpieczeństwem pracownika, takich jak: ryzyko zawodowe na danym stanowisku pracy [9], ryzyko dla pracownika zatrudnionego w rejonach szczególnie niebezpiecznych [8] czy wreszcie ryzyko wynikające ze stosowania maszyn, będące przedmiotem niniejszego artykułu.

Poziom Zapewnienia Bezpieczeństwa PL (*Performance Level*) jest parametrem określającym stopień osiągnięcia bezpieczeństwa danej funkcji bezpieczeń-

stwa. Celem implementacji funkcji bezpieczeństwa w układzie sterowania maszyny jest redukcja ryzyka związanego z eksploatowaną maszyną. Zagadnienie bezpieczeństwa użytkownika maszyn zostało sformułowane w dyrektywie maszynowej 2006/42/WE (MD) [1], która wprowadzona została w Polsce rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 21.10.2008 r. [2]. Celem dyrektywy maszynowej jest ułatwienie swobodnego przepływu towarów i zlikwidowanie technicznych przeszkód w handlu wewnątrz krajów Europejskiego Obszaru Gospodarczego. Do dyrektywy opracowano przewodnik Komisji Europejskiej, który jest już dostępny w języku polskim [3]. Poziom PL określa stopień odporności na uszkodzenia danej funkcji bezpieczeństwa w układzie sterowania maszyny, w tym użytkowanych również w górnictwie węgla kamiennego. Algorytmy wyznaczania PL opisane są w angielskojęzycznej normie PN-EN ISO 13849-1 [4], która zawiera część terminologii dotychczas niestosowanej w Polsce, stąd wynika trudność jego stosowania i interpretowania. W niniejszym artykule przedstawiono metodykę oceny ryzyka i jego zmniejszania wg PN-EN ISO 12100 [5] oraz wyznaczania Poziomu Zapewnienia Bezpieczeństwa PL wg PN-EN ISO 13849-1.

2. OCENA I REDUKCJA RYZYKA

Z dyrektywą (MD) zharmonizowana jest norma PN-EN ISO 12100, w której zawarto zasady oceny i zmniejszania ryzyka. Ocena ryzyka zawiera:

a) analizę ryzyka:

- określenie ograniczeń maszyny,
- identyfikację zagrożeń,
- oszacowanie ryzyka,

b) ewaluację ryzyka.

Analizę ryzyka rozpoczyna się od określenia ograniczeń maszyny, na które składają się: jej specyfikacja, gabaryty, miejsce instalowania, planowany okres użytkowania, tryby pracy oraz ewentualne spodziewane nieprawidłowe działanie lub użytkowanie.

Identyfikację zagrożeń należy rozpatrywać we wszystkich fazach cyklu życia maszyny, począwszy od projektowania, transportu, montażu, uruchomienia, normalnej eksploatacji, konserwacji aż do demontażu i utylizacji. Należy zidentyfikować wszystkie zagrożenia mechaniczne, elektryczne, termiczne oraz fizyczne, w tym powodowane hałasem, drganiami, promieniowaniem niejonizującym i jonizującym, niewłaściwą ergonomią itp.

Oszacowanie ryzyka przeprowadza się osobno dla każdego zidentyfikowanego zagrożenia. Ryzyko związane z rozważanym zagrożeniem jest funkcją ciężkości szkody mogącej być skutkiem danego zagrożenia i prawdopodobieństwa wystąpienia tej szkody. Na prawdopodobieństwo wystąpienia tej szkody składają się następujące czynniki:

- częstość narażenia osób na zagrożenie,
- prawdopodobieństwo zaistnienia zdarzenia zagrażającego,
- możliwość uniknięcia lub ograniczenia szkody.

Po oszacowaniu ryzyka należy przeprowadzić ewaluację ryzyka w celu ustalenia, czy wymagane jest jego zmniejszenie lub czy bezpieczeństwo zostało osiągnięte. Uproszczony schemat oceny i redukcji ryzyka przedstawiono na rys. 1.

Zmniejszenie ryzyka osiąga się w trzech krokach, zwanych triadą bezpieczeństwa:

1. rozwiązania konstrukcyjne bezpieczne same w sobie,
2. techniczne urządzenia ochronne i uzupełniające środki ochronne,
3. informacje dla użytkownika (rys. 1).

Trzykrokową metodę zmniejszania ryzyka przeprowadza się iteracyjnie, oddzielnie dla każdego zagrożenia, każdej sytuacji zagrożenia i dla poszczególnych warunków użytkowania.

Zastosowanie rozwiązania konstrukcyjnego bezpiecznego samego w sobie może eliminować dane

zagrożenie, co pozwala na uniknięcie stosowania dodatkowych środków ochronnych, takich jak techniczne środki ochronne lub uzupełniające środki ochronne.

W przypadku zastosowania technicznych środków ochronnych i/lub uzupełniających środków ochronnych ocenie podlega ich właściwy dobór i poziom bezpieczeństwa [6]. Niektóre techniczne środki ochronne mogą być stosowane w celu uniknięcia narażenia na więcej niż jedno zagrożenie (osłona może zapobiegać przed dostępem do strefy niebezpiecznej, ale może również ograniczać emisję hałasu czy chronić przed wyrzutem materiału lub wytrysku cieczy).

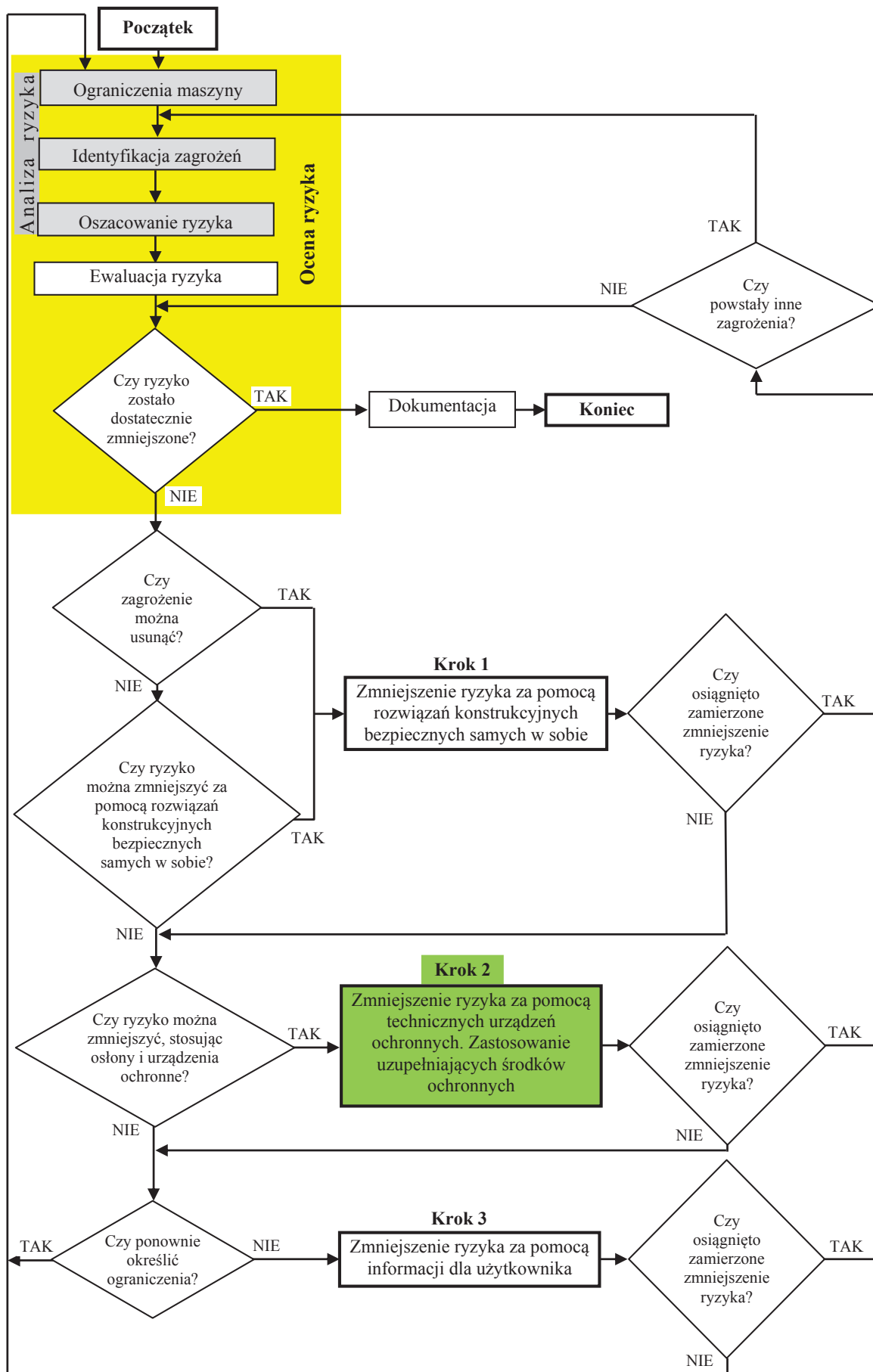
Informacje dotyczące użytkownika stosuje się w przypadku zredukowania ryzyka do akceptowalnego ryzyka resztkowego poprzez zastosowanie rozwiązań konstrukcyjnych bezpiecznych samych w sobie oraz technicznych urządzeń ochronnych i/lub uzupełniających środków ochronnych. Informacji dla użytkownika nie należy traktować jako środka, który może zastąpić poprawne stosowanie rozwiązań konstrukcyjnych bezpiecznych samych w sobie oraz technicznych środków ochronnych i/lub uzupełniających środków ochronnych. Koniecznym jest zadbanie o należyte umiejscowienie i rodzaj informacji dotyczących użytkownika, poprawność zastosowanych sygnałów i urządzeń ostrzegawczych, zastosowanych oznakowań, symboli (piktogramów), napisów ostrzegawczych oraz treści dokumentacji (zwłaszcza instrukcji obsługi). Istotne jest, aby nie przeciążać zmysłów operatora maszyny od nadmiaru informacji dotyczących użytkownika.

Najbardziej skutecznymi środkami są rozwiązania konstrukcyjne bezpieczne same w sobie, ponieważ techniczne środki ochronne mogą zawieść lub mogą być omijane, natomiast informacje dla użytkownika mogą być nieprzestrzegane.

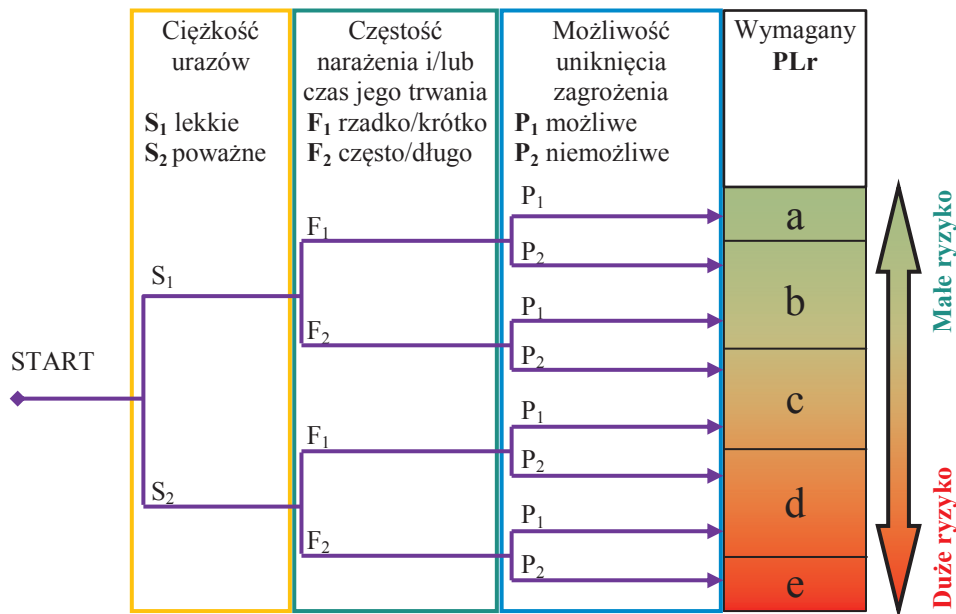
Poziom Zapewnienia Bezpieczeństwa PL stosowany jest w drugim kroku triady bezpieczeństwa dla funkcji sterowania związanych z bezpieczeństwem.

3. SPECYFIKACJA FUNKCJI BEZPIECZEŃSTWA I POZIOMU BEZPIECZEŃSTWA

W celu określenia wymaganego poziomu zapewnienia bezpieczeństwa PLr (*required*) danej funkcji bezpieczeństwa układu sterowania stosuje się graf ryzyka składający się z ciężkości urazów, częstości narażenia i/lub czasu jego trwania oraz z możliwości uniknięcia zagrożenia lub ograniczenia szkód (rys. 2).



Rys. 1. Uproszczony schemat oceny i redukcji ryzyka (na podstawie rys. 1. z normy [5])



Rys. 2. Graf ryzyka do wyznaczenia wymaganego PLr [7]

Graf ryzyka jest stosowany do wyznaczenia PLr dla danych funkcji bezpieczeństwa układu sterowania i nie jest wykorzystywany do szacowania ryzyka dla całej maszyny. Zazwyczaj funkcja bezpieczeństwa jest zrealizowana za pomocą trzech elementów:

- czujnika wykrywającego zagrożenie,
- jednostki logicznej analizującej sygnały z czujnika,
- podłączonego do jednostki sterującej elementu wykonawczego (np. stycznika wyłączającego niebezpieczny napęd).

Specyfikacja funkcji bezpieczeństwa może być zdefiniowana np. następująco: „Zatrzymanie niebezpiecznego napędu przez otwarcie osłony bezpieczeństwa i uniemożliwienie jego uruchomienia do czasu zamknięcia osłony”.

4. UZYSKANY POZIOM ZAPEWNIENIA BEZPIECZEŃSTWA

PL przyjmuje pięć dyskretnych poziomów: a, b, c, d, e, przy czym poziom „e” charakteryzuje się najwyższymi osiąganymi bezpieczeństwami.

Jeżeli funkcję bezpieczeństwa zrealizowano z elementów SRP/CS (*Safety-Related Part of a Control System*) posiadających określone PL, to możliwy do uzyskania PL całego systemu wynika z „najsłabszego” PL podsystemu składowego oraz z liczby podsystemów posiadających taki PL. Wynikowy PL systemu wyznacza się z tabeli 1.

Tabela 1.

Wyznaczenie wynikowego PL systemu na podstawie znajomości PL podsystemów [4]

Najniższy PL podsystemu	Liczba podsystemów posiadających taki PL	=>	Maksymalny możliwy do uzyskania PL systemu
a	> 3	=>	niedozwolony
	≤ 3	=>	a
b	> 2	=>	a
	≤ 2	=>	b
c	> 2	=>	b
	≤ 2	=>	c
d	> 3	=>	c
	≤ 3	=>	d
e	> 3	=>	d
	≤ 3	=>	e

W przypadku, gdy PL nie jest znany dla wszystkich podsystemów, należy najpierw samodzielnie określić poziom bezpieczeństwa takiego podsystemu. Określenie poziomu zapewnienia bezpieczeństwa dla podsystemu wyznacza się na podstawie:

- struktury układu (kategorii B,1,2,3,4),
- wartości średniego czasu do niebezpiecznego uszkodzenia (MTTFd),
- pokrycia diagnostycznego (DC),
- odporności na uszkodzenia spowodowane wspólną przyczyną (CCF).

Poziom PL systemu można obliczyć także na podstawie znajomości wartości PFH_{Di} podsystemów (prawdopodobieństwo niebezpiecznego uszkodzenia podczas 1 godziny) oraz „najłabszego” PL podsystemu (uwzględniającego ewentualne nieilościowe wskaźniki). Wówczas PFH_D całego systemu równa się sumie PFH_{Di} podsystemów i PL systemu wyznacza się na podstawie tabeli 2.

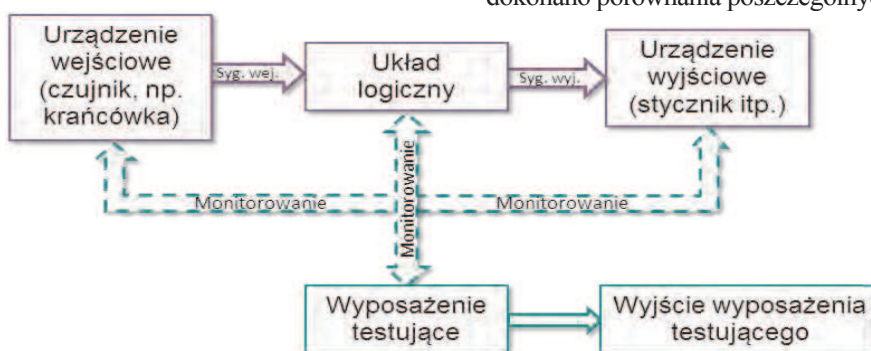
Tabela 2.

Wyznaczenie PL systemu na podstawie prawdopodobieństwa niebezpiecznego uszkodzenia podczas 1 godziny PFH_D [4]

PL	PFH_D
a	$\geq 10^{-5}$ do $< 10^{-4}$
b	$\geq 3 \times 10^{-6}$ do $< 10^{-5}$
c	$\geq 10^{-6}$ do $< 3 \times 10^{-6}$
d	$\geq 10^{-7}$ do $< 10^{-6}$
e	$\geq 10^{-8}$ do $< 10^{-7}$

4.1. Struktura układu – kategorie

Wyodrębniono pięć kategorii bezpieczeństwa: B, 1, 2, 3, 4. Układy jednokanałowe mogą być kategorii B oraz 1. Różnią się od siebie tym, że w kategorii 1. zastosowano wypróbowane elementy, np. przewymiarowane części, dlatego prawdopodobieństwo wystąpienia uszkodzenia jest niższe niż w kategorii B. Kategorię 2. określa się układ jednokanałowy z monitorowaniem defektów w podsystemach (rys. 3). Kategorie 3. i 4. dotyczą układów wielokanałowych (redundantnych). W tabeli 3. dokonano porównania poszczególnych kategorii.



Rys. 3. Struktura/architektura układów dla kategorii 2. (opracowanie własne)

Porównanie kategorii (opracowanie własne)

Tabela 3.

Kategoria	Skrócony opis	Sprawdzone zasady bezpieczeństwa	Detekcja usterek	Redundancja
B	Zastosowanie elementów zgodnych z normami i podstawowymi zasadami bezpieczeństwa , wytrzymujące przewidywane narażenia. Wystąpienie defektu może powodować utratę funkcji bezpieczeństwa.			
1	Jak w B oraz zastosowano wypróbowane elementy i sprawdzone zasady bezpieczeństwa . Wystąpienie defektu może powodować utratę funkcji bezpieczeństwa, ale prawdopodobieństwo tego jest niższe niż w kategorii B.			
2	Jak w B oraz zastosowano sprawdzone zasady bezpieczeństwa . Funkcja bezpieczeństwa jest sprawdzana przez układ sterowania. Wystąpienie defektu może powodować utratę funkcji bezpieczeństwa między sprawdzeniami.			
3	Jak w B oraz zastosowano sprawdzone zasady bezpieczeństwa . Struktura odporna na pojedynczy defekt . Istnieje częściowa detekcja usterek.			
4	Jak w B oraz zastosowano sprawdzone zasady bezpieczeństwa . Struktura odporna na kilka defektów . Wykryte w odpowiednim czasie defekty zapobiegają utracie bezpieczeństwa.			

4.2. Średni czas do niebezpiecznego uszkodzenia $MTTF_d$

$MTTF_d$ (*Mean Time To dangerous Failure*) oznacza średni czas do niebezpiecznego uszkodzenia. W załączniku C normy PN-EN ISO13849-1 podano 4 metody obliczania/szacowania $MTTF_d$ dla pojedynczych części:

1. metoda dobrych praktyk inżynierskich,
2. metoda dla elementów hydraulicznych,
3. dla elementów pneumatycznych, mechanicznych i elektromechanicznych,
4. dla elementów elektrycznych.

W przypadku pierwszej metody w tabeli C.1 ISO 13849-1:2006 podano typowe wartości $MTTF_d$ w jednostkach, jakimi są lata, dla części mechanicznych i hydraulicznych. Dla części pneumatycznych i elektrycznych podano parametr B10d, który określa ilość cykli, po których niebezpiecznemu uszkodzeniu ulegnie 10% badanej populacji.

Dla części hydraulicznych, przy odpowiednich założeniach, w metodzie drugiej podano wartość $MTTF_d = 150$ lat.

$MTTF_d$ dla części pneumatycznych, mechanicznych i elektromechanicznych w metodzie trzeciej wyznaczany jest z parametru B10d ze wzoru:

$$MTTF_d = \frac{B_{10d}}{0,1 \cdot n_{op}} \quad (1)$$

gdzie:

$$n_{op} = \frac{d_{op} \cdot h_{op} \cdot 3600 \frac{s}{h}}{t_{cycle}}$$

- n_{op} – średnia ilość cykli na rok,
- d_{op} – średni czas pracy w dniach na rok,
- h_{op} – średni czas pracy w godzinach na dzień,
- t_{cycle} – średni czas pomiędzy rozpoczęciem dwóch kolejnych cykli w sekundach na cykl.

Oszacowanie $MTTF_d$ dla elementów elektronicznych w metodzie czwartej polega na odczycie z tabel C.2 do C.7 ISO 13849-1:2006 wartości $MTTF_d$ dla tranzystorów, diod, kondensatorów itd., z których zbudowany jest dany kanał. Czasy $MTTF_{di}$ poszczególnych elementów w obrębie kanału należy następnie zsumować według zależności:

$$\frac{1}{MTTF_{d\ CH1}} = \frac{1}{MTTF_{del1}} + \dots + \frac{1}{MTTF_{deln}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{deli}} \quad (2)$$

Jeśli czasy $MTTF_{d\ CHi}$ ($i = 1, 2$) dwóch kanałów w systemie redundantnym są różne, to należy dokonać symetryzacji według zależności:

$$MTTF_{d\ SRP/CS} = \frac{2}{3} \left(MTTF_{d\ CH1} + MTTF_{d\ CH2} - \frac{1}{\frac{1}{MTTF_{d\ CH1}} + \frac{1}{MTTF_{d\ CH2}}} \right) \quad (3)$$

Do dalszej analizy bierze się czas $MTTF_{d\ SRP/CS}$ uzyskany ze wzoru (3). Średni czas do niebezpiecznego uszkodzenia kanału $MTTF_d$ jest podzielony na trzy zakresy pokazane w tabeli 4. Jeśli wartość $MTTF_d$ któregoś kanału jest większa niż 100 lat, to przed symetryzacją obcina się ją do wartości maksymalnej – czyli do 100 lat.

Tabela 4.

Zakresy $MTTF_d$ [4]

Oznaczenie	Zakres dla kanału
Krótki	$3 \text{ lata} \leq MTTF_d < 10 \text{ lat}$
Średni	$10 \text{ lat} \leq MTTF_d < 30 \text{ lat}$
Długi	$30 \text{ lat} \leq MTTF_d \leq 100 \text{ lat}$

Czas działania elementu jest ograniczony do wartości T_{10d} (średni czas do niebezpiecznego uszkodzenia 10% elementów), wyznaczanego ze wzoru:

$$T_{10d} = \frac{B_{10d}}{n_{op}} \text{ [lat]} \quad (4)$$

Wyznaczona wartość T_{10d} jest porównywana do czasu T_M zamierzonego użytkowania systemu (*mission time*), np. jeśli wyliczony czas $T_{10d} = 13$ lat, a założony przez producenta czas użytkowania systemu $T_M = 20$ lat, to należy ten element wymienić po upływie 13 lat.

4.3. Pokrycie diagnostyczne DC

Uszkodzenia można podzielić na bezpieczne i niebezpieczne. Stosunek wartości intensywności niebezpiecznych uszkodzeń wykrywanych λ_{DD} do wartości intensywności wszystkich uszkodzeń niebezpiecznych (wykrywanych λ_{DD} i niewykrywanych λ_{DU}) określa pokrycie diagnostyczne (*Diagnostic Coverage*):

$$DC = \frac{\Sigma \lambda_{DD}}{\Sigma \lambda_{DD} + \Sigma \lambda_{DU}} \quad (5)$$

W załączniku E normy PN-EN ISO13849-1 stabelaryzowano różne metody monitorowania uszkodzeń w podsystemach, z podaniem typowych wartości DC w procentach. Na przykład, jeśli monitoruje się główne styki stycznika przy pomocy sprzężonych mechanicznie styków pomocniczych, to przyjmuje się pokrycie diagnostyczne DC = 99%. Pokrycie diagnostyczne DC może przyjmować trzy zakresy przedstawione w tabeli 5.

Tabela 5.
Zakresy DC [4]

Oznaczenie	Zakres
Niskie	$60\% \leq DC < 90\%$
Średnie	$90\% \leq DC < 99\%$
Wysokie	$DC \geq 99\%$

4.4. Odporność na uszkodzenia spowodowane wspólną przyczyną CCF

CCF (*Common Cause Failure*) określa uszkodzenia różnych podsystemów spowodowane pojedynczym zdarzeniem, przy czym uszkodzenia te nie są wzajemnymi następstwami. W tabeli 6. przedstawiono środki/wymagania chroniące przed tego typu uszkodzeniami. Dla każdego środka przyznaje się albo pełną liczbę punktów, albo zero. Następnie punkty sumuje się. Maksymalna liczba punktów wynosi 100. Wymagania odporności na CCF uznaje się za spełnione, gdy suma punktów jest większa lub równa 65. Sprawdzenie odporności na CCF wymagane jest tylko dla kategorii 2., 3. i 4., co nie oznacza, że np. układu sterowania kategorii B lub 1. nie należy badać, np. na kompatybilność elektromagnetyczną EMC.

Znaczna część tych badań przeprowadzana jest w Centrum Badań i Certyfikacji EMAG i w innych uznanych laboratoriach badawczych, np. badania klimatyczne, badania odporności na wnikanie pyłu i wody IP, badania odporności na korozję czy badania na kompatybilność EMC.

Tabela 6.

Odporność na CCF (opracowanie własne)

Środek / Wymaganie		Punkty
Odseparowanie	Odseparowanie obwodów sygnałowych (przewodów elektrycznych, hydraulicznych, ciągłych mechanicznych), dostateczne odstępów powierzchniowe i powietrzne	15
Zróznicowanie	Różne technologie lub fizyczne zasady, np. pierwszy kanał programowalny a drugi kanał sprzętowy; pomiar cyfrowy i analogowy; elementy różnych producentów	20
Projekt, zastosowanie, doświadczenie	Ochrona przed przepięciem, przeciążeniem, zwiększonym ciśnieniem, np. w mechanice sprzęgła przeciążeniowe	15
	Zastosowanie wypróbowanych elementów	5
Ocena, analiza	Przeprowadzenie analizy rodzajów i skutków uszkodzeń (FMEA), aby uniknąć uszkodzeń spowodowanych wspólną przyczyną w projektowaniu	5
Kompetencje, szkolenia	Szkolenie projektantów w kierunku pojmowania przyczyn i skutków uszkodzeń spowodowanych wspólną przyczyną	5
Wpływy środowiska	EMC (dla elektryki), czystość medium (dla hydrauliki i pneumatyki), współczynnik bezpieczeństwa (dla mechaniki)	25
	Testy systemu pod kątem wpływu temperatury, wstrząsów, wibracji, wilgotności, substancji korozyjnych itp.	10

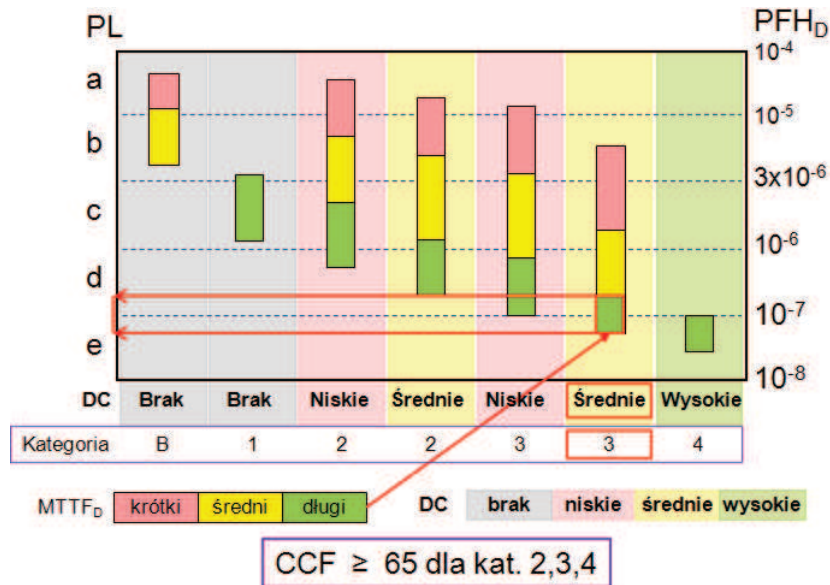
4.5. Określenie PL podsystemu

Mając wyznaczone wszystkie cztery parametry (kategorię, $MTTF_d$, DC, CCF), można przejść do określenia PL podsystemu, korzystając z rys. 4.

Na przykład, jeżeli architektura układu jest wielokanałowa i $CCF \geq 65$ oraz pokrycie diagnostyczne DC jest na poziomie średnim, to otrzymujemy kategorię 3., a przy czasie $MTTF_d =$ długi umiejscawia to PL na pograniczu PL d/e. Jeżeli osiągnięcie niższego PL – d – jest wynikiem satysfakcjonującym, to na tym koń-

czy się procedurę. Lecz jeżeli konieczne jest, by podsystem osiągnął wyższy PL – e – to należy skorzystać z wartości stabelaryzowanych w tabeli K.1 normy PN-EN ISO13849-1 uwzględniających parametr PFH_D .

W celu wyznaczenia PL całego systemu korzysta się, jak poprzednio, z tabeli 1. Jeśli otrzymany PL z tabeli 1. jest większy lub równy od wymaganego dla funkcji bezpieczeństwa PLr z grafu ryzyka, to stwierdza się, że układ bezpieczeństwa spełnia wymagania i charakteryzuje się odpowiednimi osiągnięciami bezpieczeństwa (niezawodnością i odpornością na uszkodzenia).



Rys. 4. Wyznaczanie PL dla podsystemu [7]

5. PODSUMOWANIE

Trudnością we wdrażaniu Poziomu Zapewnienia Bezpieczeństwa PL w układach sterowania maszyn, od których zależy bezpieczeństwo, jest to, że spora część norm z tej tematyki jest nieprzetłumaczona na język polski, a wprowadzają one nowe pojęcia, nieznanne do tej pory szerokiemu gronu użytkowników. Dotyczy to obu części normy PN-EN ISO 13849-1 i -2.

Znaczącym postępowaniem jest opublikowanie w 2013 roku przez Polski Komitet Normalizacyjny (PKN) drugiej części tej normy dotyczącej walidacji osiągniętego PL, gdyż starsza wersja dotyczyła tylko walidacji kategorii i funkcji bezpieczeństwa.

Do komitetu technicznego KT158 PKN-u wpłynęła poprawka do pierwszej części przedmiotowej normy, stanowiąca duży postęp w prawidłowym jej interpretowaniu i rozszerzająca jej zawartość merytoryczną. Należy więc na bieżąco śledzić, kiedy i w jakim zakresie zostanie opublikowana.

Wdrażanie PL do układów sterowania związanych z bezpieczeństwem w maszynach górniczych jest niezwykle istotne z uwagi na to, że *Performance Level* obejmuje wszystkie techniki zabezpieczeń (elektryczną, elektroniczną, pneumatyczną, hydrauliczną i mechaniczną). W maszynach górniczych znaczna liczba funkcji bezpieczeństwa jest związana z wyłączeniem niebezpiecznego napędu w sytuacji naruszenia strefy niebezpiecznej przez personel. Niezbędne jest w tym celu wyposażenie układu sterowania maszyny w czujniki wykrywające naruszenie strefy (np. krańcówki monitorujące obecność osłony oddzielającej od niebezpiecznego napędu), układ

logiczny (np. przekaźnik bezpieczeństwa), do którego podłączone są czujniki, oraz element wykonawczy (np. stycznik lub elektrozawór) odcinający zasilanie niebezpiecznego napędu. Oprócz powyższych wymagań istotne jest, aby elementy bezpieczeństwa spełniały również wymagania dyrektywy ATEX oraz EMC.

Literatura

1. Dyrektywa 2006/42/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 17 maja 2006 r. w sprawie maszyn, zmieniająca dyrektywę 95/16/WE (przekształcenie).
2. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21.10.2008 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn. Dz.U. 2008, nr 199, poz. 1228.
3. Przewodnik dotyczący stosowania dyrektywy 2006/42/WE w sprawie maszyn, red. I. Fraser, Komisja Europejska – Przedsiębiorstwa i Przemysł, wyd. 2, 06.2010.
4. PN-EN ISO 13849-1:2008/AC:2009 *Bezpieczeństwo maszyn – Elementy systemów sterowania związane z bezpieczeństwem – Cz. 1: Ogólne zasady projektowania*.
5. PN-EN ISO 12100:2012 *Bezpieczeństwo maszyn – Ogólne zasady projektowania – Ocena ryzyka i zmniejszanie ryzyka*.
6. Kasprzyczak L.: *Program certyfikacji wyrobów na zgodność z dyrektywą maszynową w Centrum Badań i Certyfikacji Instytutu EMAG*. „Mechanizacja i Automatykacja Górnictwa”, 2012, nr 6(496), s.13-20.
7. Kasprzyczak L.: *Safety of machinery – Determination of Performance Level, Bezpieczeństwo maszyn – wyznaczanie Poziomu Zapewnienia Bezpieczeństwa*. „Journal of KONBiN”, 2013, nr 1(25), s.75-84.
8. Trenczek S., Fedko M.: *Charakterystyka kryterialnej i wariantowej oceny ryzyka w rejonach wydobywczych*. W: *Zarządzanie prewencją zagrożeń górniczych wspomagane narzędziami informatycznymi*, red. J. Kabiesz, Wyd. GIG, ISBN 978-83-61126-49-2, Katowice 2012, s. 155-167.
9. *Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze*. Dz. U., nr 163, poz. 981.

Artykuł został zrecenzowany przez dwóch niezależnych recenzentów.