

Program certyfikacji wyrobów na zgodność z dyrektywą maszynową w Centrum Badań i Certyfikacji Instytutu EMAG

W artykule opisano zasady oraz proces certyfikacji wyrobów na zgodność z dyrektywą maszynową 2006/42/WE. Omówiono najważniejsze zagadnienia i definicje z dyrektywy maszynowej oraz kluczowych norm z nią zharmonizowanych: PN-EN ISO 12100, PN-EN 62061 oraz PN-EN ISO 13849. Opisano ocenę ryzyka, na którą składają się analiza ryzyka oraz ewaluacja ryzyka. Przedstawiono proces zmniejszenia ryzyka w trzech krokach: rozwiązań konstrukcyjnych bezpiecznych samych w sobie, technicznych środków ochronnych i uzupełniających środków ochronnych oraz informacji dotyczących użytkownika. Omówiono zastosowanie norm PN-EN ISO 13849-1 i PN-EN 62061 oraz wynikających z nich poziomów bezpieczeństwa PLr oraz poziomu nienaruszalności bezpieczeństwa SIL przytoczono graf ryzyka oraz macierzę przypisania SIL. Przedstawiono procedurę uproszczoną dla funkcji bezpieczeństwa, złożonej z podsystemów o określonych parametrach SIL/PL oraz w przypadku, gdy użyte podsystemy nie posiadają określonych parametrów SIL/PL.

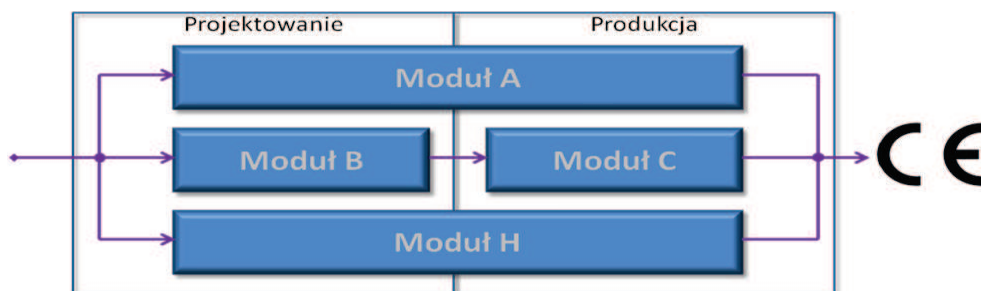
1. PROCEDURY OCENY ZGODNOŚCI

Celem wprowadzenia dyrektywy maszynowej (MD) 2006/42/WE [1] było ułatwienie swobodnego przepływu towarów i likwidacja technicznych przeszkód w handlu wewnątrz krajów Europejskiego Obszaru Gospodarczego. Nowe podejście charakteryzuje się tym, że przepisy o charakterze ogólnym zawierają w sobie wymagania zasadnicze i są obligatoryjne, natomiast normy są dobrowolne i pozwalają wykazać, że jest spełniona dyrektywa. W Polsce dy-

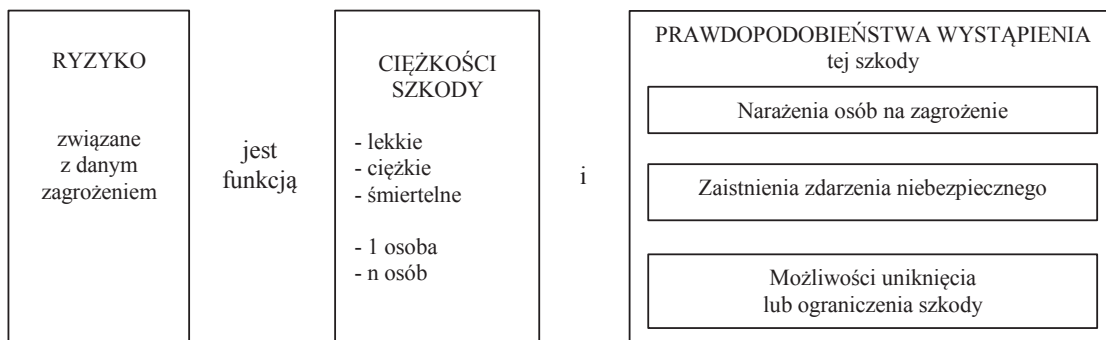
rektywę maszynową wprowadza rozporządzenie Ministra Gospodarki [2]. Do dyrektywy opracowano przewodnik Komisji Europejskiej – Przedsiębiorstwa i Przemysł, który jest już dostępny w języku polskim [3].

Spójne zasady oceny zgodności zawarte są w Globalnym Podejściu, one to dla dyrektywy MD dopuszczają trzy ścieżki (rys. 1):

1. Moduł A dla projektowania i produkcji,
2. Moduł B dla projektowania i moduł C dla produkcji,
3. Moduł H dla projektowania i produkcji [4].



Rys. 1. Uproszczony schemat modułów oceny zgodności wg Globalnego Podejścia



Rys. 2. Elementy ryzyka

Moduł A obejmuje wewnętrzną kontrolę projektowania oraz produkcji i nie wymaga udziału jednostki notyfikowanej (JN).

Moduł B dotyczy badania typu WE na etapie projektowania. JN wystawia certyfikat badania typu WE. Po module B następuje moduł C obejmujący ocenę zgodności w fazie produkcji.

Moduł H dotyczy całkowitego zapewnienia jakości, wywodzi się on z ISO 9001. JN odpowiada za zażalenie i nadzór systemu jakości producenta, zawierającego etap projektowania, produkcji i kontroli końcowej.

Artykuł 12. dyrektywy [1] podaje procedury oceny zgodności maszyn dla trzech przypadków:

1. Gdy maszyna nie jest wymieniona w załączniku IV MD.
2. Gdy maszyna jest wymieniona w załączniku IV i została wyprodukowana zgodnie z normami zharmonizowanymi.
3. Gdy maszyna jest wymieniona w załączniku IV i nie została wyprodukowana zgodnie z normami zharmonizowanymi.

W **pierwszym** przypadku stosuje się procedurę oceny zgodności z modułem A wg załącznika VIII dyrektywy. W **drugim** przypadku możliwe są trzy sposoby: moduł A – zał. VIII; moduły B i C – zał. IX i zał. VIII pkt 3; moduł H – zał. X. W **trzecim** przypadku możliwe są dwa sposoby: moduły B i C; moduł H.

2. OCENA I REDUKCJA RYZYKA

Z dyrektywą MD zharmonizowane są m.in. normy [5-8]. W zależności od stopnia ogólności wyróżnia się normy typu A (ogólne dotyczące wszystkich maszyn), normy typu B1 i B2 (obejmujące określone aspekty bezpieczeństwa i urządzenia ochronne) oraz normy typu C (dotyczące konkretnych rodzajów maszyn). Do norm typu A zalicza się PN-EN ISO 12100:2011, w której zawarto bez wprowadzania

zmian merytorycznych wcześniejsze normy: PN-EN ISO 12100-1 i -2:2005 oraz PN-EN ISO 14121-1:2008. W nowej normie [5] zawarto dwa kluczowe aspekty dotyczące zasad oceny ryzyka i zmniejszania ryzyka.

Ocena wyrobu w zakresie bezpieczeństwa rozpoczyna się od sprawdzenia, czy konstruktor zapewnił w sposób właściwy przeprowadzenie oceny ryzyka.

Ocena ryzyka zawiera:

- a) analizę ryzyka:
 - określenie ograniczeń maszyny,
 - identyfikację zagrożeń,
 - oszacowanie ryzyka,
- b) ewaluację ryzyka.

Analiza ryzyka rozpoczyna się od określenia ograniczeń maszyny, na które składają się np.: specyfikacja maszyny, jej granice przestrzenne, miejsce zainstalowania, planowany okres użytkowania, tryby pracy, spodziewane nieprawidłowe działanie i użytkowanie itd.

Identyfikację zagrożeń należy rozpatrzyć we wszystkich fazach okresu użytkowania maszyny (począwszy od transportu, montażu, uruchomienia, normalnej eksploatacji, konserwacji aż do demontażu i utylizacji). Należy zidentyfikować wszystkie zagrożenia mechaniczne, elektryczne, termiczne, powodowane hałasem, drganiami, promieniowaniem niejonizującym i jonizującym, niewłaściwą ergonomią itp.

Oszacowanie ryzyka wiąże się z każdym zidentyfikowanym zagrożeniem. Ryzyko jest kombinacją prawdopodobieństwa wystąpienia szkody i ciężkości tej szkody. Na prawdopodobieństwo wystąpienia tej szkody składają się następujące czynniki: częstość narażenia osób na zagrożenie, prawdopodobieństwo zaistnienia zdarzenia zagrażającego oraz możliwość uniknięcia lub ograniczenia szkody (rys. 2).

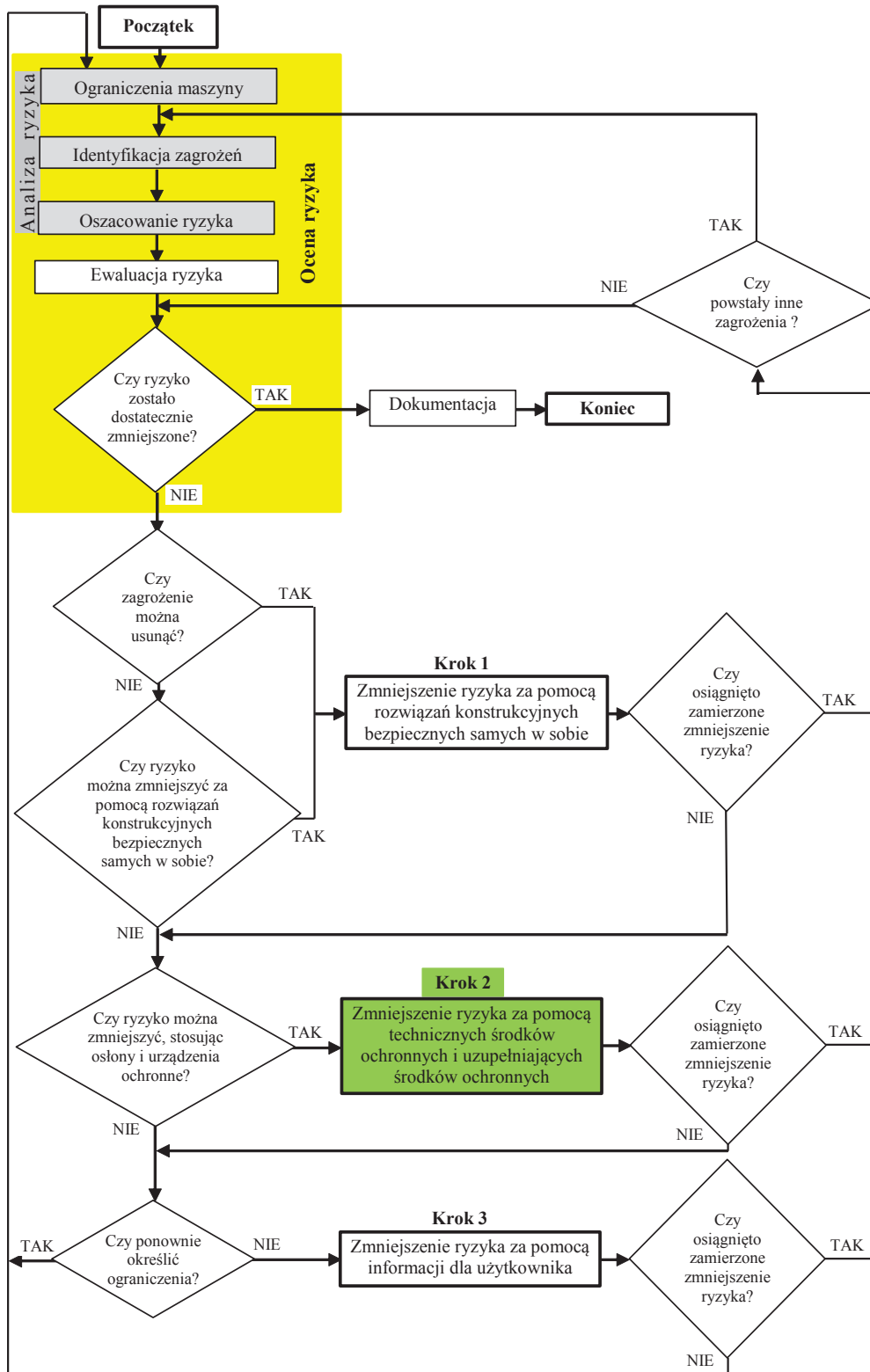
Po oszacowaniu ryzyka powinna być przeprowadzona ewaluacja ryzyka w celu ustalenia, czy wymagane jest zmniejszenie ryzyka, czy też bezpieczeństwo zostało osiągnięte.

Zmniejszenie ryzyka osiąga się w trzech krokach:

1. Rozwiązania konstrukcyjne bezpieczne same w sobie.
2. Techniczne środki ochronne i uzupełniające środki ochronne.

3. Informacje dotyczące bezpieczeństwa użytkowania.

Trzykrokową metodę zmniejszania ryzyka przeprowadza się iteracyjnie, oddzielnie dla każdego zagrożenia, każdej sytuacji zagrożenia i dla poszczególnych warunków użytkowania (rys. 3).



Rys. 3. Uproszczony schemat oceny i redukcji ryzyka (na podstawie rys. 1 z normy [5])

Zastosowanie rozwiązania konstrukcyjnego bezpiecznego samego w sobie umożliwia wyeliminowanie danego zagrożenia, co pozwala na uniknięcie stosowania dodatkowych środków ochronnych, takich jak techniczne środki ochronne i/lub uzupełniające środki ochronne.

W przypadku zastosowania technicznych środków ochronnych i uzupełniających środków ochronnych, ocenie podlega ich właściwy dobór i poziom bezpieczeństwa. Niektóre techniczne środki ochronne mogą być stosowane w celu uniknięcia narażenia na więcej niż jedno zagrożenie. Zakłada się, że im bardziej zmniejszenie ryzyka jest zależne od elementów systemów sterowania związanych z bezpieczeństwem, tym jest wymagana większa odporność tych elementów na defekty. Odporność ta może być wyrażona ilościowo wskaźnikami niezawodności oraz za pomocą struktury odpornej na defekty (SIL lub PL).

Informacje dotyczące użytkowania stosuje się w przypadku zredukowania ryzyka do akceptowalnego ryzyka resztkowego poprzez zastosowanie rozwiązań konstrukcyjnych bezpiecznych samych w sobie oraz technicznych środków ochronnych i/lub uzupełniających środków ochronnych. Informacji dotyczącej użytkowania nie należy traktować jako środka, który może zastąpić poprawne stosowanie rozwiązań konstrukcyjnych bezpiecznych samych w sobie oraz technicznych środków ochronnych i uzupełniających środków ochronnych. W tym przypadku ocenie podlega należyte umiejscowienie i rodzaj informacji dotyczących użytkowania, poprawność zastosowanych sygnałów i urządzeń ostrzegawczych, zastoso-

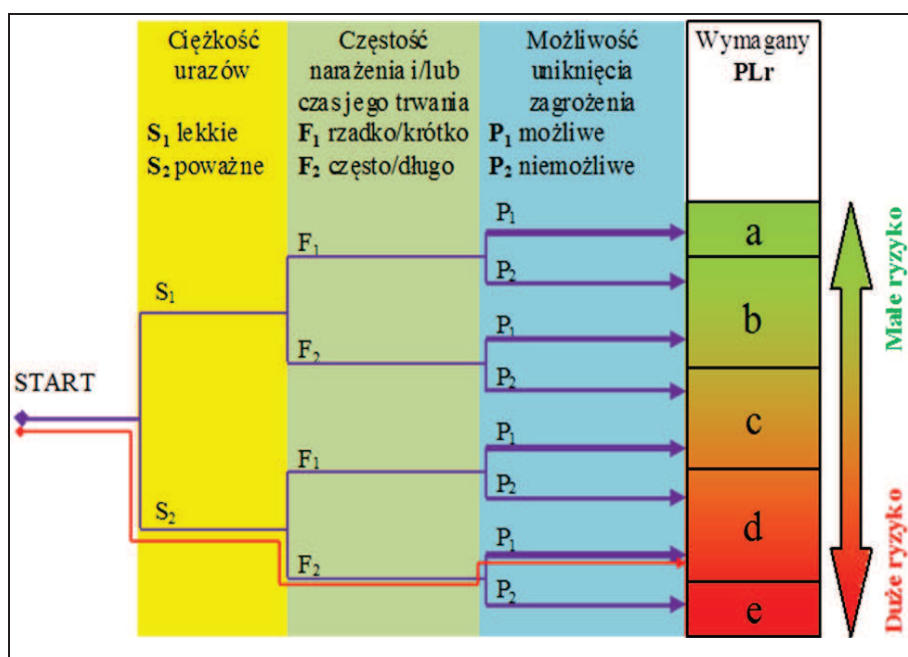
wanych oznakowań, symboli (piktogramów), napisów ostrzegawczych oraz treści dokumentacji (zwłaszcza instrukcji obsługi). Istotne jest, aby nie przeciążać zmysłów operatora maszyny nadmiarem informacji dotyczących użytkowania.

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

3. POZIOM ZAPEWNIENIA BEZPIECZEŃSTWA PL ORAZ POZIOM NIENARUSZALNOŚCI BEZPIECZEŃSTWA SIL

Odporność na defekty systemu może być wyrażona wg PN-EN ISO 13849-1 poziomem zapewnienia bezpieczeństwa PL (Performance Level) lub wg PN-EN 62061 poziomem nienaruszalności bezpieczeństwa SIL (Safety Integrity Level). PL przyjmuje pięć wyodrębnionych poziomów: a, b, c, d, e, przy czym poziom PL e jest najwyższym poziomem bezpieczeństwa. SIL przyjmuje trzy poziomy: 1, 2, 3, przy czym poziom SIL 3 jest najwyższym poziomem bezpieczeństwa.

Aby określić wymagany poziom zapewnienia bezpieczeństwa PLr (PL required) danej funkcji bezpieczeństwa, 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. 4).



Rys. 4. Graf ryzyka do wyznaczenia wymaganego PLr

Podobnie dla określenia wymaganego poziomu nienaruszalności bezpieczeństwa SIL funkcji bezpieczeństwa stosuje się matrycę przypisywania SIL składającą się z ciężkości szkody oraz klasy prawdopodobieństwa szkody. Klasa jest sumą częstotliwości i czasu ekspozycji oraz prawdopodobieństwa wystąpienia niebezpiecznego zdarzenia oraz prawdopodobieństwa uniknięcia szkody (rys. 5). Zarówno graf ryzyka do wyznaczania PLr jak i matryca przypisania SIL wywodzą się z metody wstępnej analizy zagrożeń – PHA (Preliminary Hazard Analysis).

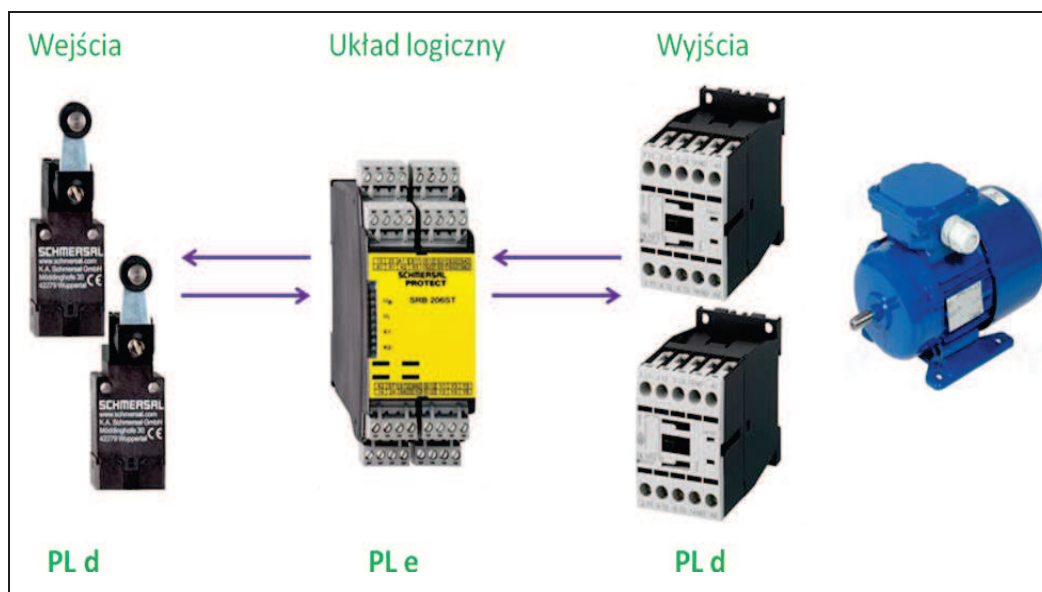
Typowa funkcja bezpieczeństwa układu sterowania składa się z trzech elementów: czujnika wykrywającego zagrożenie, jednostki logicznej analizującej sygnały z czujnika i podłączonego do jednostki sterującej elementu wykonawczego (np. stycznika wyłą-

czającego niebezpieczny napęd). Funkcja ta może być w wersji jednokanałowej lub wielokanałowej (redundancja) z monitorowaniem lub bez (rys. 6). Jeżeli funkcję bezpieczeństwa zbudowano z elementów posiadających określone PL i/lub SILCL (SIL Claim Limit – granica osiągnięcia SIL dla podsystemu), to można zastosować procedurę uproszczoną. Polega ona na tym, że możliwy do uzyskania SIL systemu wynika z „najsłabszego” SILCL elementu składowego oraz z sumy prawdopodobieństwa niebezpiecznego uszkodzenia na godzinę PFHd (Probability of dangerous Failure per Hour). Podobnie osiągnięty PL wynika z najniższego PL elementu składowego systemu oraz z sumy PFHd. Wyznaczenie PL systemu na podstawie znajomości PL podsystemów przedstawiono w tabeli 1.

Częstotliwość i czas ekspozycji <i>Fr</i>	Prawdopodobieństwo wystąpienia niebezpiecznego zdarzenia <i>Pr</i>	Prawdopodobieństwo uniknięcia szkody <i>Av</i>	
		Nieosiągalne	Osiągalne
≤ 1 godz.	5	5	5
> 1 godz. do ≤ 1 dzień	5	4	5
> 1 dzień do ≤ 2 tygodnie	4	3	5
> 2 tygodnie do ≤ 1 rok	3	2	3
> 1 rok	2	1	1

Konsekwencje	Ciężkość <i>Se</i>	Klasa <i>Cl = Fr + Pr + Av</i>				
		3-4	5-7	8-10	11-13	14-15
Nieodwracalne: śmierć, utrata oka lub ręki	4	SIL 2	SIL 2	SIL 2	SIL 3	SIL 3
Nieodwracalne: złamania kończyn, utrata palców	3			SIL 1	SIL 2	SIL 3
Odwracalne: leczenie	2				SIL 1	SIL 2
Odwracalne: pierwsza pomoc	1					SIL 1

Rys. 5. Matryca przypisania docelowego SIL



Rys. 6. Podsystemy funkcji bezpieczeństwa zatrzymania niebezpiecznego napędu

W przypadku, gdy PL nie jest znany dla wszystkich podsystemów, określenie poziomu zapewnienia bezpieczeństwa elementu uzyskuje się poprzez analizę struktury i działania funkcji bezpieczeństwa w warunkach defektu (kategorię – B, 1, 2, 3, 4), wartość średniego czasu pomiędzy niebezpiecznymi uszkodzenia-

mi (MTTFd – niski, średni wysoki), pokrycie diagnostyczne (DC – niskie, średnie wysokie) oraz odporność na uszkodzenia spowodowane wspólną przyczyną (CCF – dla kategorii 2, 3, 4 musi być większa od 65 punktów – tabela 2). W przypadkach wątpliwych korzysta się z tabeli K1 normy PN-EN ISO 13849-1.

Tabela 1

Wyznaczenie PL systemu na podstawie znajomości PL podsystemów

Najniższy PL podsystemu	Liczba podsystemów posiadających taki PL	=>	Maks. 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

Tabela 2

Ujęcie ilościowe środków zapobiegających CCF (Common Cause Failures)

Wymaganie		Wartość
Odseparowanie	Odseparowanie obwodów sygnałowych, oddzielne poprowadzenie, izolacja, odstępy powietrzne itp.	15
Zróżnicowanie	Różne technologie, elementy składowe, sposoby działania, projekty	20
Projekt, zastosowanie, doświadczenie	Ochrona przed przeciążeniem, przepięciem, zwiększonym ciśnieniem itp. (w zależności od technologii)	15
	Zastosowanie elementów składowych i procesów sprawdzonych przez wiele lat	5
Analiza, ocena	Zastosowanie analizy uszkodzeń w celu uniknięcia uszkodzeń spowodowanych wspólną przyczyną	5
Kompetencje / wykształcenie	Szkolenie projektantów w kierunku pojmowania oraz unikania przyczyn i skutków uszkodzeń spowodowanych wspólną przyczyną	5
	Test systemu pod kątem wpływów na skutek EMC	25
Wpływy środowiska	Test systemu pod kątem wpływów, takich jak temperatura, wstrząsy, wibracje itp.	10

Wymagania dotyczące: oddzielenia, zróżnicowania techniki, doświadczenia, projektowania, analizy uszkodzeń, kompetencji projektantów, ocenia się na podstawie analizy dokumentacji lub oględzin i pomiarów prototypu urządzenia. Natomiast badania wpływu środowiska (np. badania na kompatybilność elektromagnetyczną, wstrząsy, wibracje, korozyjność, stopień ochrony IP, temperaturę i wilgotność) prowadzi się w **Zespole Laboratoriów Centrum Badań i Certyfikacji**.

W przypadku, gdy nie jest znany SILCL dla wszystkich podsystemów, określenie poziomu nienaruszalności bezpieczeństwa elementu uzyskuje się na podstawie tolerancji uszkodzenia sprzętowego HFT (zależnej od architektury podsystemu A, B, C, D – jednokanałowa lub wielokanałowa z monitoringiem lub bez), wartości prawdopodobieństwa niebezpiecznego uszkodzenia na godzinę PFHd (w którego skład wchodzi np.: pokrycie diagnostyczne DC, czas życia T1, odstęp między testami diagnostycznymi T2, strumienie niebezpiecznych uszkodzeń elementów składowych λ_D , wrażliwość na

uszkodzenia spowodowane wspólną przyczyną B), wskaźnika uszkodzeń bezpiecznych SFF (Safe Failure Fraction) oraz istotnych dla bezpieczeństwa aspektów programistycznych (model V).

Walidacja jest oceną końcową tego, czy dane rozwiązanie nadaje się do koniecznego zmniejszenia ryzyka.

Celem walidacji jest wykazanie, że wszystkie części współpracują poprawnie w celu spełnienia funkcji bezpieczeństwa i że nie występują żadne funkcje nieprzewidziane. Walidację przeprowadza się poprzez analizę i badanie:

- funkcji bezpieczeństwa,
- kategorii.

Walidacja funkcji bezpieczeństwa ma na celu upewnienie się, że sygnały wyjściowe elementu bezpieczeństwa są prawidłowe i w sposób logiczny zależą od sygnałów wejściowych, we wszystkich trybach pracy maszyny, zgodnie ze specyfikacją techniczną, z uwzględnieniem przerw i przywrócenia zasilania oraz warunków otoczenia.

Walidacja kategorii ma na celu wykazanie, że są spełnione wymagania dotyczące kategorii (analiza schematów, symulacja defektów na elementach rzeczywistych i/lub symulacja na modelach sprzętowych i w programach komputerowych, wprowadzenie defektu powinno być zrealizowane w krytycznym momencie).

Zaleca się, aby walidację przeprowadzały osoby niezwiązane z projektowaniem, co nie oznacza, że wymaga się badania przez stronę trzecią. Stopień niezależności powinien być adekwatny do poziomu bezpieczeństwa zapewnianego przez rozpatrywany element. Zadawalającym wynikiem końcowym powinno być stwierdzenie, że osiągnięty poziom zapewnienia bezpieczeństwa jest większy lub równy wymaganemu PLr (podobnie jest w przypadku SIL).

4. PROCES CERTYFIKACJI¹

Zgłoszenie wyrobu do certyfikacji w Centrum Badań i Certyfikacji dokonuje się na Wniosku FP-3/1. Wniosek może obejmować tylko jeden wyrób lub grupę odmian wyrobu objętych zakresem akredytacji i może być zgłoszony tylko przez jednego dostawcę (producenta lub importera). Do wniosku powinny być dołączone dokumenty określone dla danego wyrobu:

- opis identyfikujący wyrób i charakteryzującą go dokumentację techniczną, z podaniem zakresu badań wykonywanych przez dostawcę i warunków użytkowania (opis techniczny, instrukcja obsługi, warunki techniczne wykonania i kontroli),
- wykaz norm i/lub innych przepisów, których wymagania spełnia wyrób i na zgodność z którymi ma być wydany certyfikat,
- dokumenty właściwej jednostki, jeśli wyrób podlega obowiązkowej ocenie na podstawie innych przepisów,
- sprawozdania z badań pełnych (typu) wyrobu, przeprowadzonych przez laboratoria akredytowane,
- egzemplarz wyrobu lub informacja o miejscu udostępnienia wyrobu do oględzin.

Jeżeli Wnioskodawca nie posiada wyników badań i chce przeprowadzić badania w laboratoriach EMAG-u proces certyfikacji zostaje zawieszony a badania prowadzone są w laboratoriach, zgodnie z systemem zarządzania opartym o PN-EN ISO/IEC 17025.

Wniosek z załączoną dokumentacją podlega przeglądowi (właściwość zapisów, kompletność dokumentacji, poprawność wypełnienia dokumentów ogólnych) w czasie nie dłuższym niż 14 dni od dnia

otrzymania wniosku od Wnioskodawcy. W przypadku pozytywnego wyniku przeglądu, wniosek zostaje przyjęty do realizacji, a Wnioskodawca otrzymuje potwierdzenie przyjęcia zgłoszenia z podaniem warunków finansowych jego realizacji i terminu zakończenia. W przypadku negatywnego wyniku przeglądu do Wnioskodawcy przesyłane jest pismo z informacją o konieczności uzupełnienia wniosku lub dokumentacji. Schemat postępowania w procesie certyfikacji wyrobów, zgodnie z programem CBC-3, przedstawiono na rysunku 7.

Czas trwania procesu certyfikacji, od dnia otrzymania od Wnioskodawcy pisma aprobującego warunki realizacji usługi certyfikacyjnej do podjęcia decyzji, nie powinien przekroczyć 30 dni. W przypadku podjęcia decyzji o nieprzyznaniu certyfikatu, Wnioskodawca otrzymuje pismo z wykazem niezgodności i fakturą.

Decyzję w sprawie wydania lub odmowy wydania certyfikatu podejmuje Kierownik Centrum Badań i Certyfikacji, na podstawie przeglądu i oceny całego materiału zebranego podczas procesu certyfikacji. W uzasadnionych przypadkach decyzja jest poprzedzona wydaniem orzeczenia przez Komitet Techniczny składający się z ekspertów w dziedzinie związanej z ocenianymi wyrobami, a powoływanym przez Radę ds. Certyfikacji.

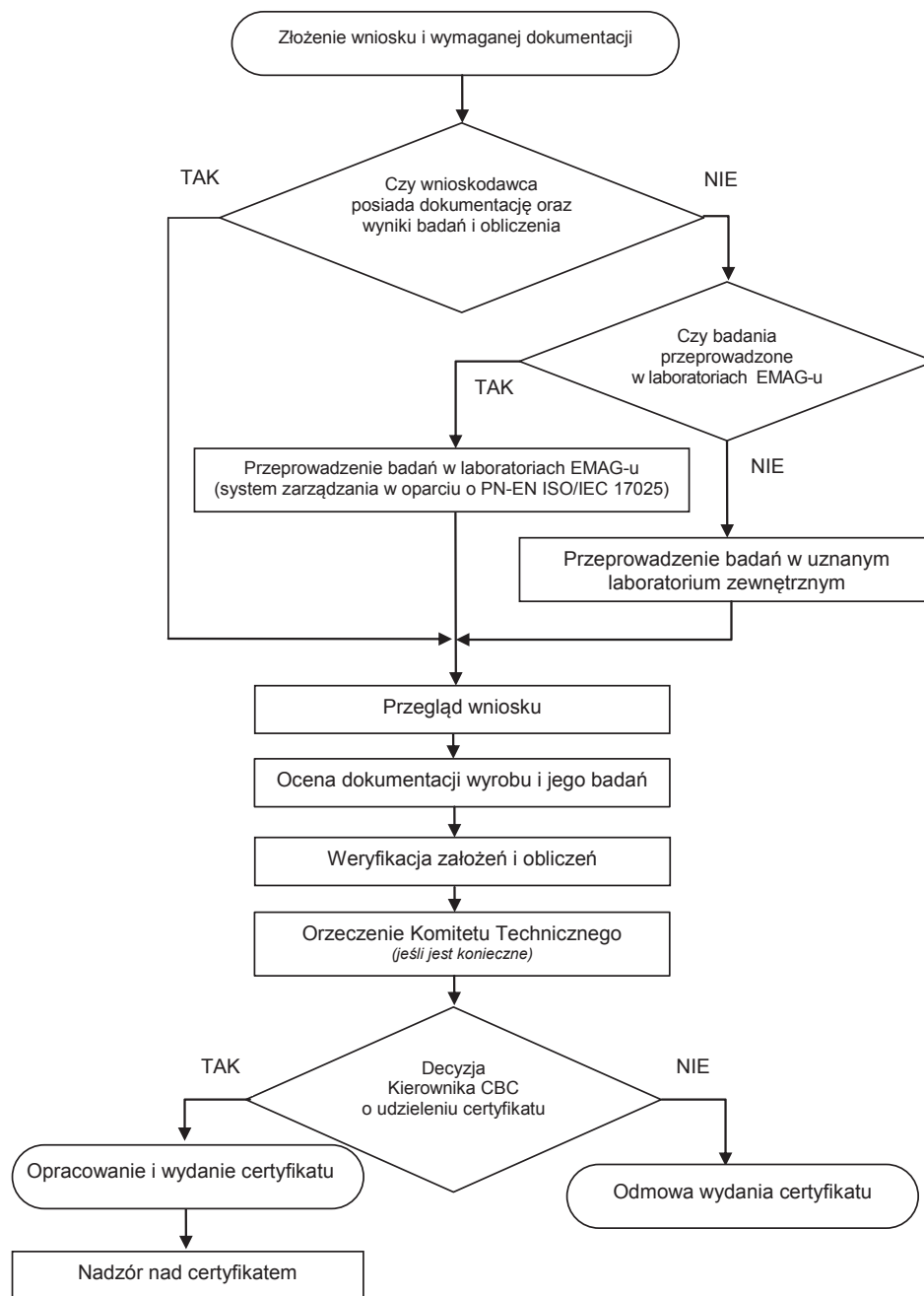
W przypadku podjęcia decyzji o wydaniu certyfikatu, Wnioskodawca otrzymuje do podpisania Umowę o nadzorze, określającą wzajemne prawa i zobowiązania w czasie trwania ważności certyfikatu. Wydanie certyfikatu następuje po zwróceniu podpisanej umowy. Nadzorowane jest wykorzystanie przez Wnioskodawcę uzyskanego certyfikatu. Nadzór odbywa się poprzez weryfikację informacji zawartych w dokumentach reklamowych oraz w Internecie.

5. UWAGI KOŃCOWE

Przyjmuje się, że producent może samodzielnie przeprowadzić ocenę zgodności modułem A dla maszyny wymienionej w załączniku IV MD tylko wtedy, gdy została zaprojektowana zgodnie z całą normą szczegółową typu C (lub typu B). W pozostałych przypadkach konieczne jest zlecenie certyfikacji Jednostce Notyfikowanej.

Zaleca się również przeprowadzenie szkolenia projektantów w kierunku pojmowania oraz unikania przyczyn i skutków uszkodzeń spowodowanych wspólną przyczyną, co wpływa również na sumę punktów w parametrze CCF.

¹ Program Certyfikacji Wyrobów CBC-3 jest dostępny w Centrum Badań i Certyfikacji Instytutu EMAG.



Rys. 7. Proces certyfikacji wyrobów w oparciu o program CBC-3

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); Dyrektywa 2009/127/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 21 października 2009 r. zmieniająca dyrektywę 2006/42/WE w odniesieniu do maszyn do stosowania pestycydów.
2. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21.10.2008 w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn (Dz.U. 2008, nr 199, poz. 1228); Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 13.06.2011 zmieniające rozporządzenie w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn (Dz.U. 2011, nr 124, poz. 701).
3. Przewodnik dotyczący stosowania dyrektywy 2006/42/WE w sprawie maszyn, Wydanie drugie – wersja polska, pod red. Jana Frasera, Komisja Europejska – Przedsiębiorstwa i Przemysł, czerwiec 2010 r.
4. LUC-CE: Seminarium i warsztaty pt. „Efektywna ocena zgodności maszyn i urządzeń z wymaganiami dyrektywy maszynowej 2006/42/WE – oznakowanie CE”.
5. PN-EN ISO 12100:2011 Bezpieczeństwo maszyn – Ogólne zasady projektowania – Ocena ryzyka i zmniejszanie ryzyka
6. PN-EN ISO 13849-1:2008+AC:2009 Bezpieczeństwo maszyn – Elementy systemów sterowania związane z bezpieczeństwem – Część 1: Ogólne zasady projektowania.
7. PN-EN ISO 13849-2:2008 Bezpieczeństwo maszyn – Elementy systemów sterowania związane z bezpieczeństwem – Część 2: Walidacja.
8. PN-EN 62061:2008+AC:2011 Bezpieczeństwo maszyn – Bezpieczeństwo funkcjonalne elektrycznych, elektronicznych i elektro-mechanicznych programowalnych systemów sterowania związanych z bezpieczeństwem.

Artykuł został zrecenzowany przez dwóch niezależnych recenzentów