



ELEMENTY BEZPIECZEŃSTWA: PRZEGLĄD OBOWIAZUJĄCYCH NORM

WPROWADZENIE

Z uwagi na swoją ważność, aspekty związane z bezpieczeństwem miejsca pracy były nieustannie rozwijane na przestrzeni lat przez organizacje normalizacyjne stanowiące normy oraz zasady. Obowiązująca obecnie Dyrektywa Maszynowa jest zwięźszeniem dotychczasowych prac oraz doświadczeń. W odróżnieniu od poprzedniej, nowa Dyrektywa Maszynowa (EC 2006/42) nie dotyczy wyłącznie maszyn ale również komponentów bezpieczeństwa. Definicja ta określa komponenty specjalnie wyprodukowane oraz dostarczone do zapewnienia określonych funkcji bezpieczeństwa.

Funkcje bezpieczeństwa mają wyeliminować zagrożenia dla życia lub zdrowia obsługi w przypadku uszkodzenia lub niesprawności maszyny.

Poniższe informacje przedstawiono celem przybliżenia oraz objaśnienia zagadnień związanych z określaniem kategorii bezpieczeństwa (B, 1, 2, 3 lub 4) oraz poziomu bezpieczeństwa PL (a, b, c, d lub e). Producent każdego urządzenia zobowiązany jest do zapewnienia jego zgodności z wymogami bezpieczeństwa dyrektywy maszynowej oraz normami zharmonizowanymi przedstawionymi w Dzienniku Urzędowym Unii Europejskiej.

Dla maszyn oraz urządzeń wyróżnia się trzy kategorie norm bezpieczeństwa:

- typ **A**, określający ogólne zasady oraz wytyczne do projektów wszystkich maszyn;
- typ **B**, zajmujący się jednym lub więcej aspektami bezpieczeństwa dla szerokiego zakresu maszyn;
- typ **C**, zajmujący się ściśle określoną kategorią maszyn.

Typ **A** zawiera normę EN ISO 12100 określającą ogólny zarys oraz zasady projektowania bezpiecznych maszyn, oraz EN ISO 14121 przedstawiającą metody oceny ryzyka i identyfikacji zagrożeń.

Typ **B** zawiera normy EN ISO 13849 oraz IEC 62061, które są przeznaczone do redukcji ryzyka oraz zagrożeń towarzyszących użytkowaniu maszyn. Norma EN ISO 13849 stosowana jest do projektowania części układów sterowania związanych z bezpieczeństwem maszyn dla różnych technologii (układy mechaniczne, pneumatyczne oraz hydrauliczne), natomiast norma IEC 62061 odnosi się wyłącznie do systemów elektrycznych. Wspólną cechą dla EN ISO 13849 oraz IEC 62061 jest określenie współczynnika wymaganego poziomu bezpieczeństwa, odpowiednio: PL (Performance Level) oraz SIL (Safety Integrity Level). Obydwa współczynniki opisują stopień niezawodności maszyn pod kątem prawdopodobieństwa wystąpienia uszkodzeń niebezpiecznych.

Poniższa tabela przedstawia związek pomiędzy obydwojema współczynnikami:

PL	SIL
a	Brak odnośnika
b	1
c	1
d	2
e	3

Do norm typu B zalicza się również EN 982 oraz EN 983, dotyczą one jednak w większej mierze komponentów (hydraulicznych oraz pneumatycznych) niż urządzeń sterujących.

Typ **C**, jeżeli dla określonej maszyny występują normy typu C, producent może osiągnąć domniemanie zgodności z Dyrektywą Maszynową poprzez bezpośrednie wdrożenie przedstawionych w normach rozwiązań. Jeżeli normy typu C nie występują, należy wdrożyć procedurę redukcji zagrożeń opisanych w normach zharmonizowanych typu A i B.

EN ISO 13849

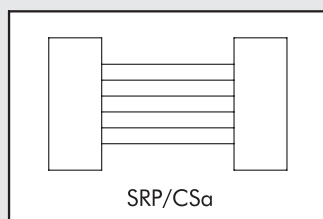
Jeżeli dla danego urządzenia nie występują normy typu C, producent może przyjąć strategię redukcji ryzyka przedstawioną w EN ISO 13849. Norma jest podzielona na dwie części, część pierwsza przedstawia ogólne wytyczne oraz zasady, część drugą poświęcono zatwierdzaniu (walidacji) wyników. Zgodnie z częścią pierwszą normy, konstruktor maszyny może dokonać redukcji ryzyka poprzez zaprojektowanie dodatkowych komponentów bezpieczeństwa systemu sterowania (SRP/CS – SafetyRelatedParts / Control System) które zapewnią jedną lub więcej funkcji bezpieczeństwa jak np.:

zatrzymanie awaryjne, zabezpieczenie przed nieoczekiwanym uruchomieniem, odcięcie zasilania oraz odpowietrzenie układu (odprowadzenie energii), odwrócenie kierunku ruchu.

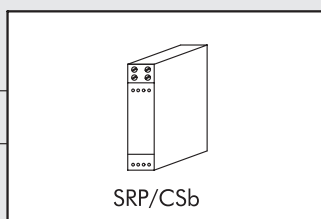
Poniżej przedstawiono przykład układu sterowania zawierający trzy komponenty bezpieczeństwa (SRP/CS):

bariery bezpieczeństwa (sygnał wejściowy – czujnik), sterownik programowalny PLC (przetwarzanie – logika) oraz zawór rozdzielający (sygnał wyjściowy – układ wykonawczy).

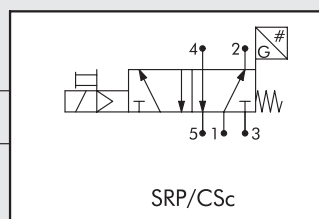
W przypadku naruszenia bariery bezpieczeństwa następuje podanie sygnału do sterownika PLC który zdejmie sygnał sterujący zaworu rozdzielającego powodując odwrócenie kierunku ruchu.



Czujnik



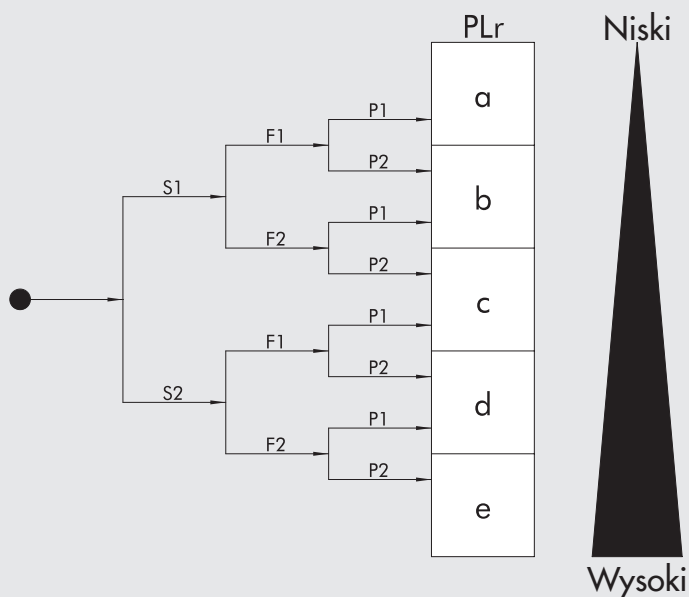
Logika



Układ wykonawczy

Zgodnie z procedurą wskazaną w aneksie A, dla każdej funkcji bezpieczeństwa należy określić wymagany poziom bezpieczeństwa PLr (Performance Level requested). Ocenie podlegają następujące czynniki:

- stopień obrażeń (S) podczas uszkodzenia
- częstość występowania zagrożeń (F)
- możliwość uniknięcia zagrożeniu (P)



Jeżeli w przypadku wystąpienia zdarzenia niebezpiecznego zagrożenie jest łatwe do uniknięcia, jego częstotliwość występowania jest niska lub trwa krótko oraz powoduje niewielkie obrażenia wówczas wartość współczynnika PLr będzie niska. I odwrotnie, jeżeli zagrożenie jest trudne do uniknięcia, częstotliwość występowania jest wysoka lub trwa ono długo i powoduje poważne obrażenia wówczas wartość współczynnika PLr będzie wysoka.

Osiągnięty poziom bezpieczeństwa – parametr PL – musi zostać wyznaczony dla wszystkich układów SRP/CS zapewniających określone funkcje bezpieczeństwa SRP/CS.

Podczas oceny osiągniętego rzeczywistego poziomu bezpieczeństwa – PL – stosuje się następujące wskaźniki:

- MTTFd (Mean Time To Dangerous Failure - średni czas do niebezpiecznego uszkodzenia) – dla każdego komponentu;
- DC (DiagnosticCoverage – pokrycie diagnostyczne);
- CCF (ComonCauseFailure – wspólna przyczyna defektów);
- Struktura (architektura) układu sterowania;
- Zgodność użytych komponentów z podstawowymi / zatwierdzonymi zasadami bezpieczeństwa.

Osiągnięty rzeczywisty poziom bezpieczeństwa PL musi być równy lub większy od wymaganego poziomu bezpieczeństwa PLr.

Parametr **MTTFd** określa średni czas pomiędzy dwoma niebezpiecznymi uszkodzeniami. Jego wartość określa się na podstawie częstotliwości pracy danej funkcji bezpieczeństwa oraz współczynnika B10d zastosowanego komponentu. Współczynnik B10d podawany przez producenta, określa ilość cykli po której 10% komponentów ulega niebezpiecznemu uszkodzeniu .

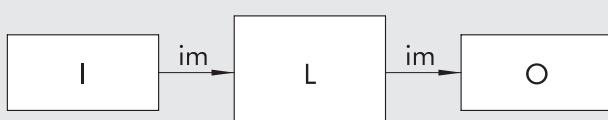
Wartości współczynników B10d dla produktów Metal Work można odnaleźć na stronie: <https://www.metalwork.it/pneumatic-components/safety-directive-0001162.html>. Współczynnik B10d jest dwukrotnie wyższy do współczynnika B10 (określającego niezawodność elementu) który jest wyznaczany na podstawie instrukcji EB ISO 19973.

Wartości parametru **DC** oraz **CCF** są uzyskiwane zgodnie z procedurą przedstawioną w załączniku do EN ISO 13849-1. Parametr DC może zostać również wyznaczony na podstawie analiz przyczyn i skutków wad (FMEA – FailureMode and Effect Analysis) lub innych, podobnych metod.

Funkcje realizowane przez układ sterowania zależą od jego architektury.

W zależności od wymaganego poziomu bezpieczeństwa – PLr – stosowana jest jedna trzech struktur układu sterowania.

Architektura jednokanałowa, bez funkcji diagnostycznych:



Gdzie:

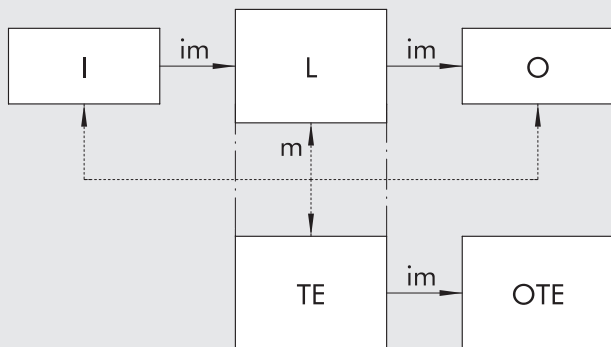
im: połączenia

I: sygnał wejściowy, np. czujnik

L: logika

O: sygnał wyjściowy, np. zawór rozdzielający

Architektura jednokanałowa, z funkcjami diagnostycznymi:



Gdzie:

im: połączenia

I: sygnał wejściowy, np. czujnik

L: logika

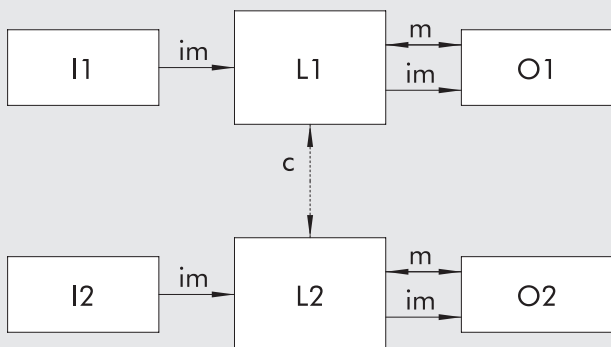
m: sygnały testowe (monitoring)

O: sygnał wyjściowy, np. zawór rozdzielający

OTE: sygnał wyjściowy urządzenia testującego

TE: urządzenie testujące

Architektura dwukanałowa zapewniająca redundancję oraz aktywność układu nawet w przypadku uszkodzenia pojedynczego kanału:



Gdzie:

im: połączenia

I1, I2: sygnały wejściowe, np. czujniki

L1, L2: logika

m: sygnały testowe

O1, O2: sygnały wyjściowe, np. zawór rozdzielający

c: monitoring krzyżowy

Potwierdzenie zgodności komponentów z podstawowymi oraz potwierdzonymi zasadami bezpieczeństwa powinno opierać się o wszystkie czynniki przedstawione w normie EN ISO 13849, gwarantującej że zarówno układy bezpieczeństwa (SRP/CS) jak i ich komponenty są zgodne z zasadami konstrukcyjnymi, funkcjonalnymi oraz montażowymi.