



POLSKA NORMA

ICS 13.110

PN-EN ISO 13849-2

październik 2005

Wprowadza

EN ISO 13849-2:2003, IDT

ISO 13849-2:2003, IDT

Zastępuje

PN-EN ISO 13849-2:2004 (U)

**Bezpieczeństwo maszyn
Elementy systemów sterowania
związane z bezpieczeństwem
Część 2: Walidacja**

Norma europejska EN ISO 13849-2:2003 ma status Polskiej Normy

© Copyright by PKN, Warszawa 2005

nr ref. PN-EN ISO 13849-2:2005

Hologram
PKN

**Wszelkie prawa autorskie zastrzeżone. Żadna część niniejszej normy nie może być
zwielokrotniana jakąkolwiek techniką bez pisemnej zgody Prezesa Polskiego Komitetu
Normalizacyjnego**

Przedmowa krajowa

Niniejsza norma została opracowana przez KT nr 158 ds. Bezpieczeństwa Maszyn i Urządzeń technicznych oraz Ergonomii i zatwierdzona przez Prezesa PKN dnia 10 października 2005 r.

Jest tłumaczeniem – bez jakichkolwiek zmian – angielskiej wersji normy europejskiej EN ISO 13849-2:2003, stanowiącej wprowadzenie – bez jakichkolwiek zmian – normy międzynarodowej ISO 13849-2:2003.

W zakresie tekstu normy europejskiej wprowadzono odsyłacze krajowe oznaczone od ^{N1)} do ^{N3)}.

Norma zawiera krajowy załącznik informacyjny NA, którego treścią jest wykaz norm powołanych normatywnie w treści normy europejskiej i ich odpowiedników krajowych.

Wprowadzona norma europejska jest zharmonizowana z dyrektywą Unii Europejskiej 98/37/WE.

Niniejsza norma zastępuje PN-EN ISO 13849-2:2004 (U).

W sprawach merytorycznych dotyczących treści normy można zwracać się do właściwego Komitetu Technicznego PKN, kontakt: www.pkn.pl.

Załącznik krajowy NA (informacyjny)

Odpowiedniki krajowe norm i dokumentów powołanych normatywnie

Normy i dokumenty powołane	Odpowiedniki krajowe
EN 292-1:1991 ¹⁾	PN-EN 292-1:2000 Maszyny – Bezpieczeństwo – Pojęcia podstawowe, ogólne zasady projektowania – Podstawowa terminologia, metodologia
EN 954-1:1996	PN-EN 954-1:2001 Maszyny – Bezpieczeństwo – Elementy systemów sterowania związane z bezpieczeństwem – Część 1: Ogólne zasady projektowania

¹⁾ Zastąpiono normą EN ISO 12100-1:2003 Safety of machinery – Basic concepts, general principles for design – Part 1: Basic terminology, methodology, której odpowiednikiem krajowym jest PN-EN ISO 12100-1:2005 (U) Maszyny – Bezpieczeństwo – Pojęcia podstawowe, ogólne zasady projektowania – Część 1: Podstawowa terminologia, metodologia

NORMA EUROPEJSKA
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

EN ISO 13849-2

sierpień 2003

ICS 13.110

Wersja polska

**Bezpieczeństwo maszyn – Elementy systemów sterowania związane
z bezpieczeństwem – Część 2: Walidacja (ISO 13849-2:2003)**

Safety of machinery – Safety-related
parts of control systems – Part 2:
Validation (ISO 13849-2:2003)

Sécurité des machines – Parties
des systèmes de commande
relatives à la sécurité – Partie 2:
Validation (ISO 13849-2:2003)

Sicherheit von Maschinen –
Sicherheitsbezogene Teile von
Steuerungen – Teil 2: Validierung
(ISO 13849-2:2003)

Niniejsza norma jest polską wersją normy europejskiej EN ISO 13849-2:2003. Została ona przetłumaczona przez Polski Komitet Normalizacyjny i ma ten sam status co wersje oficjalne.

Niniejsza norma europejska została przyjęta przez CEN 10 kwietnia 2003 r.

Zgodnie z Przepisami Wewnętrznymi CEN/CENELEC członkowie CEN są zobowiązani do nadania normie europejskiej statusu normy krajowej bez wprowadzania jakichkolwiek zmian. Aktualne wykazy norm krajowych, łącznie z ich danymi bibliograficznymi, można otrzymać w Centrum Zarządzania lub w krajowych jednostkach normalizacyjnych będących członkami CEN.

Norma europejska została opracowana w trzech oficjalnych wersjach językowych (angielskiej, francuskiej i niemieckiej). Wersja w każdym innym języku, przetłumaczona na odpowiedzialność danego członka CEN na jego własny język i notyfikowana w Centrum Zarządzania ma ten sam status co wersje oficjalne.

Członkami CEN są krajowe jednostki normalizacyjne następujących państw: Austrii, Belgii, Danii, Finlandii, Francji, Grecji, Hiszpanii, Holandii, Irlandii, Islandii, Luksemburga, Malty, Niemiec, Norwegii, Portugalii, Republiki Czeskiej, Słowacji, Szwajcarii, Szwecji, Węgier, Włoch i Zjednoczonego Królestwa.

CEN

Europejski Komitet Normalizacyjny
European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation
Europäisches Komitee für Normung

Centrum Zarządzania: rue de Stassart, 36 B-1050 Brussels

© 2003 CEN All rights of exploitation in any form and by any means reserved worldwide for CEN national Members.

nr ref. EN ISO 13849-2:2003 E

EN ISO 13849-2:2003

Spis treści

Spis treści	2
Przedmowa	3
Wprowadzenie	4
1 Zakres normy	5
2 Powołania normatywne.....	5
3 Proces walidacji.....	5
3.1 Zasady walidacji	5
3.2 Listy defektów podstawowych.....	7
3.3 Listy defektów szczególnych	7
3.4 Plan walidacji	7
3.5 Informacje dotyczące walidacji	8
3.6 Protokół walidacji	9
4 Walidacja poprzez analizę.....	9
4.1 Postanowienia ogólne.....	9
4.2 Techniki analizy	10
5 Walidacja poprzez badanie	10
5.1 Postanowienia ogólne.....	10
5.2 Niepewność pomiaru.....	11
5.3 Wymagania wyższe	11
5.4 Liczba próbek do badań.....	11
6 Walidacja funkcji bezpieczeństwa	12
7 Walidacja kategorii	12
7.1 Analiza i badanie kategorii	12
7.2 Walidacja wymagań dotyczących kategorii	13
7.3 Walidacja kombinacji elementów związanych z bezpieczeństwem.....	14
8 Walidacja wymagań środowiskowych.....	15
9 Walidacja wymagań dotyczących konserwacji.....	15
Załącznik A (informacyjny) Narzędzia walidacji układów mechanicznych	16
Załącznik B (informacyjny) Narzędzia walidacji układów pneumatycznych	21
Załącznik C (informacyjny) Narzędzia walidacji układów hydraulicznych	31
Załącznik D (informacyjny) Narzędzia walidacji układów elektrycznych.....	40
Załącznik ZA (informacyjny) Powiązanie niniejszego dokumentu z dyrektywami WE	52
Bibliografia.....	53

Przedmowa

Niniejszy dokument EN ISO 13849-2:2003 został opracowany przez Komitet Techniczny CEN/TC 114, „Bezpieczeństwo maszyn”^{N1)}, którego sekretariat jest prowadzony przez DIN, we współpracy z Komitetem Technicznym ISO/TC 199 „Bezpieczeństwo maszyn”.

Niniejsza norma europejska powinna uzyskać status normy krajowej, przez opublikowanie identycznego tekstu lub uznanie, najpóźniej do lutego 2004 r., a normy krajowe sprzeczne z daną normą powinny być wycofane najpóźniej do lutego 2004 r.

Niniejszy dokument został opracowany na podstawie mandatu, udzielonego CEN przez Komisję Europejską i Europejskie Stowarzyszenie Wolnego Handlu, i wspiera zasadnicze wymagania dyrektywy(-yw) WE.

W załączniku informacyjnym ZA, który stanowi integralną część niniejszego dokumentu, podano informacje dotyczące powiązania niniejszego dokumentu z dyrektywą(-ami) WE.

Załączniki od A do D są wyłącznie informacyjne i mają strukturę przedstawioną w tablicy 1.

Tablica 1 – Struktura rozdziałów w załącznikach od A do D

Załącznik	Technika	Lista podstawowych zasad bezpieczeństwa	Lista wypróbowanych zasad bezpieczeństwa	Lista wypróbowanych elementów	Lista defektów i wykluczeń defektów
		Rozdział			
A	Mechaniczna	A.2	A.3	A.4	A.5
B	Pneumatyczna	B.2	B.3	B.4	B.5
C	Hydrauliczna	C.2	C.3	C.4	C.5
D	Elektryczna (łącznie z elektroniką)	D.2	D.3	D.4	D.5

Niniejszy dokument zawiera bibliografię.

EN ISO 13849 składa się z następujących części o wspólnym tytule „Safety of machinery – Safety-related parts of control systems”:

Part 1: General principles for design

Part 2: Validation

Part 100: Guidelines for the use and application of EN ISO 13849-1.

Zgodnie z Przepisami Wewnętrznymi CEN/CENELEC do wprowadzenia niniejszej normy europejskiej są zobowiązane krajowe jednostki normalizacyjne następujących państw: Austrii, Belgii, Danii, Finlandii, Francji, Grecji, Hiszpanii, Holandii, Irlandii, Islandii, Luksemburga, Malty, Niemiec, Norwegii, Portugalii, Republiki Czeskiej, Słowacji, Szwajcarii, Szwecji, Węgier, Włoch i Zjednoczonego Królestwa.

^{N1)} Odsyłacz krajowy: Odpowiednia nazwa w języku angielskim "Safety of machinery".

EN ISO 13849-2:2003

Wprowadzenie

Na użytek Unii Europejskiej niniejsza część normy EN ISO 13849 ma status podstawowej normy bezpieczeństwa (typu B1).

W niniejszej normie europejskiej określono proces walidacji, z uwzględnieniem zarówno analizy, jak i badań funkcji bezpieczeństwa oraz kategorii elementów systemów sterowania związanych z bezpieczeństwem. Opisy funkcji bezpieczeństwa oraz wymagania dotyczące kategorii podano w EN 954-1 (ISO 13849-1), która dotyczy ogólnych zasad projektowania. Niektóre wymagania dotyczące walidacji są ogólne, a niektóre specyficzne, dotyczące zastosowanej techniki. W normie EN ISO 13849-2 określono także warunki, w których zaleca się przeprowadzenie walidacji elementów systemów sterowania związanych z bezpieczeństwem poprzez badania.

W EN 954-1 (ISO 13849-1) określono wymagania dotyczące bezpieczeństwa oraz podano wskazania dotyczące zasad projektowania [patrz EN 292-1:1991 (ISO/TR 12100:1992), 3.11] elementów systemów sterowania związanych z bezpieczeństwem. Określono kategorie tych elementów i opisano charakterystyczne właściwości ich funkcji bezpieczeństwa, niezależnie od rodzaju wykorzystywanej energii. Dodatkowe wytyczne do EN 954-1 (ISO 13849-1) podano w CR 954-100 (ISO/TR 13849-100).

Spełnienie wymagań może zostać poddane walidacji poprzez dowolną kombinację analizy (patrz rozdział 4) i badań (patrz rozdział 5). Zaleca się rozpoczęcie analizy na możliwie najwcześniejszym etapie procesu projektowania.

1 Zakres normy

W niniejszej normie europejskiej określono warunki i procedury, których należy przestrzegać w celu przeprowadzenia walidacji poprzez analizę i badanie:

- przewidzianych funkcji bezpieczeństwa oraz
- osiągniętej kategorii

elementów systemów sterowania związanych z bezpieczeństwem, zgodnie z normą EN 954-1 (ISO 13849-1), z zastosowaniem racjonalnych przesłanek projektowania określonych przez projektanta.

W niniejszej normie europejskiej nie podano wszystkich wymagań dotyczących walidacji programowalnych systemów elektronicznych i dlatego może być konieczne stosowanie innych norm.

UWAGA CEN/TC 114/WG 6 proponuje bardziej szczegółowe rozpatrzenie problemu walidacji programowalnych systemów elektronicznych w przygotowywanej nowelizacji EN 954-1 (ISO 13849-1). W przygotowaniu jest norma dotycząca maszyn (projekt IEC 62061) na podstawie IEC 61508. Wymagania dotyczące programowalnych systemów elektronicznych, łącznie z oprogramowaniem wbudowanym, są określone w IEC 61508.

2 Powołania normatywne ^{N2)}

Do niniejszej normy europejskiej wprowadzono, drogą datowanego lub niedatowanego powołania, postanowienia zawarte w innych publikacjach. Te powołania normatywne znajdują się w odpowiednich miejscach w tekście normy, a wykaz publikacji podano poniżej. W przypadku powołań datowanych późniejsze zmiany lub nowelizacje którejkolwiek z wymienionych publikacji mają zastosowanie do niniejszej normy europejskiej tylko wówczas, gdy zostaną wprowadzone do tej normy przez jej zmianę lub nowelizację. W przypadku powołań niedatowanych stosuje się ostatnie wydanie powołanej publikacji (łącznie ze zmianami).

EN 292-1:1991 (ISO/TR 12100-1:1992), *Safety of machinery – Basic concepts, general principles for design – Part 1: Basic terminology, methodology*.

EN 954-1:1996 (ISO 13849-1:1999), *Safety of machinery – Safety-related parts of control systems – Part 1: General principles for design*.

3 Proces walidacji

3.1 Zasady walidacji

Celem procesu walidacji jest potwierdzenie zgodności specyfikacji oraz projektu elementów systemu sterowania związanych z bezpieczeństwem z pełną specyfikacją wymagań dotyczących bezpieczeństwa maszyny.

Walidacja powinna wykazać, że każdy element związany z bezpieczeństwem spełnia wymagania EN 954-1 (ISO 13849-1), a w szczególności:

- przyjęte właściwości charakterystyczne funkcji bezpieczeństwa realizowanych przez ten element, jak określono w zasadach projektowania, oraz
- wymagania dotyczące określonej kategorii [patrz EN 954-1:1996 (ISO 13849-1:1999), rozdział 6].

Zaleca się, aby walidację przeprowadzały osoby niezależne, niezwiązane z procesem projektowania elementu(-ów) związanego(-ych) z bezpieczeństwem.

UWAGA Określenie osoba niezależna niekoniecznie oznacza, że wymaga się badania przez trzecią stronę.

Zaleca się, aby stopień niezależności był odpowiedni do bezpieczeństwa zapewnianego przez element związany z bezpieczeństwem.

^{N2)} Odsyłacz krajowy: Patrz załącznik krajowy NA.

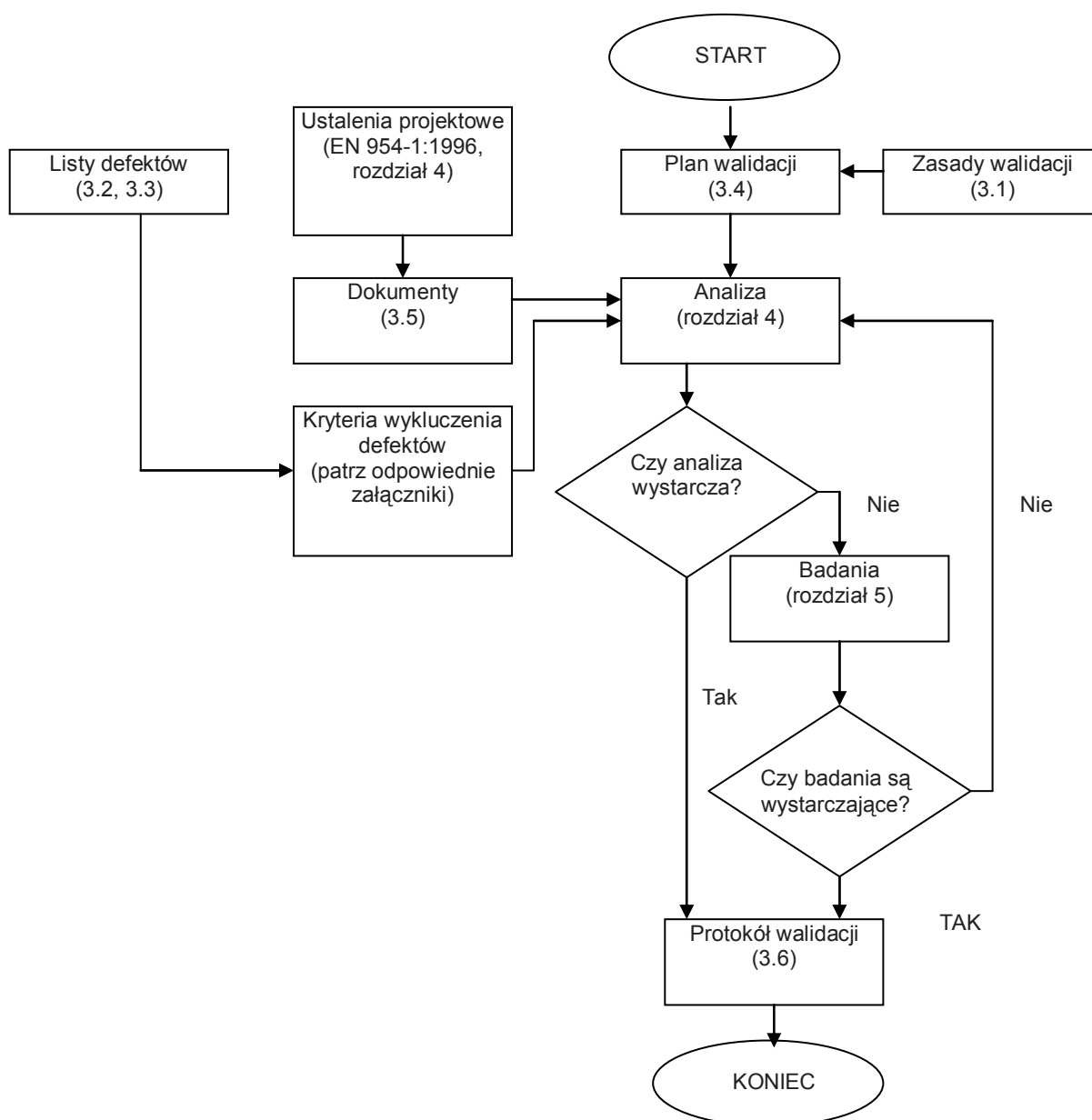
EN ISO 13849-2:2003

Walidacja obejmuje zastosowanie analizy (patrz rozdział 4) oraz, jeśli to konieczne, wykonanie badań (patrz rozdział 5), zgodnie z planem walidacji. Na rysunku 1 pokazano schemat ogólny procesu walidacji. Proporcje pomiędzy analizą i/lub badaniami zależą od zastosowanej techniki.

Zaleca się rozpoczęcie analizy najwcześniej, jak to jest tylko możliwe, i równoległe z procesem projektowania, tak aby problemy mogły być rozwiązane wcześniej, wtedy, gdy stosunkowo łatwo je skorygować, to znaczy podczas kroków 3 i 4 według EN 954-1:1996 (ISO 13849-1:1999), 4.3. Może okazać się konieczne przesunięcie niektórych elementów analizy na dalsze etapy procesu, kiedy projekt jest już zaawansowany.

W przypadku systemów dużych ze względu na rozmiar, złożoność lub zintegrowanie systemu sterowania (z maszyną) mogą zostać podjęte specjalne przygotowania w celu przeprowadzenia:

- walidacji elementów systemu sterowania oddzielnie przed połączeniem, obejmującej symulację odpowiednich sygnałów wejściowych i wyjściowych;
- walidacji skutków połączenia elementów związanych z bezpieczeństwem z pozostałą częścią systemu sterowania w aspekcie ich użytkowania w maszynie.



Rysunek 1 – Ogólny schemat procesu walidacji

3.2 Listy defektów podstawowych

Proces walidacji obejmuje przeanalizowanie zachowania się elementu(-ów) systemu sterowania związanego z bezpieczeństwem przy wszystkich defektach, które należy rozważyć. Podstawą do analizy są listy defektów podane w załącznikach informacyjnych (A.5, B.5, C.5 i D.5), które wynikają z doświadczenia. Listy defektów podstawowych zawierają:

- elementy/części, które mają zostać uwzględnione, np. przewody/kable (patrz D.5.2);
- defekty, które należy uwzględnić, np. zwarcia między przewodami;
- dopuszczalne wykluczenia defektów;
- część z uwagami, w której podano przyczyny wykluczenia defektów.

Pod uwagę są brane tylko defekty trwałe.

3.3 Listy defektów szczególnych

Listy defektów szczególnych, związanych z danym wyrobem, powinny zostać sporządzone jako dokument procesu walidacji elementu(-ów) związanego(-ych) z bezpieczeństwem. Lista taka może być oparta na odpowiedniej(-ich) liście (listach) defektów podstawowych podanej(-ych) w załączniku(-ach).

W przypadku gdy lista defektów szczególnych, związanych z danym wyrobem, jest oparta na liście(-ach) defektów podstawowych, powinna ona zawierać:

- defekty z listy(list) podstawowej(-ych), które należy uwzględnić;
- wszystkie inne występujące defekty, które należy uwzględnić, a które nie są podane na liście podstawowej (np. defekty o wspólnej przyczynie);
- defekty wzięte z listy (list) podstawowej(-ych), które można wykluczyć, gdyż mogą spełnić co najmniej kryteria podane w liście (listach) podstawowej(-ych) [patrz EN 954-1:1996 (ISO 13849-1:1999), 7.2];

oraz wyjątkowo

- wszelkie inne występujące defekty z listy podstawowej, które są niedopuszczone do wykluczenia według listy (list) podstawowej(-ych), wraz z uzasadnieniem i racjonalnymi przesłankami ich wykluczenia [patrz EN 954-1:1996 (ISO 13849-1:1999), 7.2].

W przypadku gdy taka lista nie powstaje na podstawie listy podstawowej, projektant powinien podać racjonalne przesłanki wykluczenia defektów.

3.4 Plan walidacji

W planie walidacji należy zidentyfikować i sformułować wymagania dotyczące przeprowadzenia procesu walidacji określonych funkcji bezpieczeństwa oraz ich kategorii.

W planie walidacji należy także zidentyfikować środki, których należy użyć w procesie walidacji wyszczególnionych funkcji bezpieczeństwa i kategorii. We właściwych przypadkach należy w nim także określić:

- a) identyfikację dokumentów zawierających warunki techniczne;
- b) warunki pracy oraz środowiskowe;
- c) podstawowe zasady bezpieczeństwa (patrz A.2, B.2, C.2 i D.2);
- d) wypróbowane zasady bezpieczeństwa (patrz A.3, B.3, C.3 i D.3);
- e) wypróbowane elementy (patrz A.4 i D.4);

EN ISO 13849-2:2003

- f) założenia dotyczące defektów i wykluczenia defektów, które należy rozpatrzyć, np. z informacyjnych list defektów podanych w A.5, B.5, C.5 i D.5;
- g) analizy i badania, które należy zastosować.

W przypadku elementów związanych z bezpieczeństwem, które wcześniej przeszły walidację według tej samej specyfikacji, należy tylko powołać się na przeprowadzoną wcześniej walidację.

3.5 Informacje dotyczące walidacji

Wymagane informacje dotyczące walidacji będą się różniły w zależności od zastosowanej techniki, wymaganej(-ych) kategorii, przesłanek projektowania systemu oraz udziału elementów systemu sterowania związanych z bezpieczeństwem w obniżeniu ryzyka. Dokumenty zawierające wystarczające informacje z listy podanej poniżej powinny zostać uwzględnione w procesie walidacji w celu wykazania, że kategoria(-e) oraz funkcja(-e) bezpieczeństwa elementów związanych z bezpieczeństwem zostały osiągnięte:

- a) opis(-y) oczekiwanej pewności działania, funkcji bezpieczeństwa oraz kategorii;
- b) rysunki i specyfikacje techniczne, np. elementów mechanicznych, hydraulicznych i pneumatycznych, płytek obwodów drukowanych, płytek montażowych, wewnętrznego okablowania, obudowy, materiałów, zamocowania;
- c) schemat(-y) blokowy(-e) z opisem funkcjonalnym wszystkich bloków;
- d) schemat(-y) ideowy(-e) połączeń obejmujący(-e) interfejsy/połączenia;
- e) opis(-y) funkcjonalny(-e) schematu(-ów) ideowego(-ych) połączeń;
- f) wykres(-y) sekwencji czasowej włączania elementów, sygnałów związanych z bezpieczeństwem;
- g) opis odnośnych charakterystyk elementów, które przeszły wcześniejszą walidację;
- h) w przypadku innych elementów związanych z bezpieczeństwem (z wyjątkiem podanych w pozycji g)) – listy elementów z ich przeznaczeniem, wartości znamionowe, tolerancje, narażenia występujące podczas pracy, oznaczenie typu, dane dotyczące częstości defektów i dane o producencie elementu oraz inne dane mające znaczenie dla bezpieczeństwa;
- i) analiza występujących defektów (patrz także 3.2) podanych np. w A.5, B.5, C.5 i D.5, łącznie z uzasadnieniem wykluczenia defektów, jeśli dotyczy;
- j) analiza wpływu materiałów przetwarzanych.

Właściwe informacje dotyczące kategorii podać zgodnie z tablicą 2. Gdy oprogramowanie jest związane z funkcją bezpieczeństwa, dokumentacja oprogramowania powinna zawierać:

- 1) jasny i jednoznaczny opis określający poziom bezpieczeństwa wymagany do osiągnięcia przez oprogramowanie,
- 2) dowód, że oprogramowanie jest zaprojektowane w sposób zapewniający osiągnięcie wymaganego poziomu bezpieczeństwa, oraz
- 3) szczegóły badań (w szczególności raporty z badań) przeprowadzonych w celu udowodnienia, że został osiągnięty wymagany poziom bezpieczeństwa.

Tablica 2 – Wymagania dotyczące dokumentacji w zależności od kategorii

Wymaganie dotyczące dokumentacji	Kategoria, w przypadku której jest wymagana dokumentacja				
	B	1	2	3	4
Podstawowe zasady bezpieczeństwa	x	x	x	x	x
Przewidywane narażenia podczas pracy	x	x	x	x	x
Wpływy materiałów przetwarzanych	x	x	x	x	x
Pewność działania pod wpływem innych, występujących oddziaływań zewnętrznych	x	x	x	x	x
Wypróbowane elementy	–	x	–	–	–
Wypróbowane zasady bezpieczeństwa	–	x	x	x	x
Procedura sprawdzeń funkcji bezpieczeństwa	–	–	x	–	–
Przedziały czasowe między sprawdzeniami, jeśli określono	–	–	x	–	–
Dające się przewidzieć defekty pojedyncze rozpatrywane w projekcie i zastosowana metoda wykrywania	–	–	x	x	x
Identyfikacja uszkodzeń o wspólnej przyczynie i sposób zapobiegania	–	–	–	x	x
Dające się przewidzieć wykluczone defekty pojedyncze	–	–	–	x	x
Defekty wykrywane	–	–	x	x	x
Rodzaje akumulacji defektów rozpatrywane w projekcie	–	–	–	–	x
Jak utrzymywana jest funkcja bezpieczeństwa w przypadku każdego defektu	–	–	–	x	x
Jak utrzymywana jest funkcja bezpieczeństwa przy każdej kombinacji defektów	–	–	–	–	x

UWAGA Kategorie wymienione w tablicy 2 są podane EN 954-1 (ISO 13849-1).

3.6 Protokół walidacji

Walidacja poprzez analizę i badanie powinna być zaprotokołowana. Protokół powinien odzwierciedlać proces walidacji każdego z wymagań dotyczącego bezpieczeństwa. Można powoływać się na protokoły poprzednich walidacji, pod warunkiem że są one prawidłowo zidentyfikowane.

W odniesieniu do każdego elementu związanego z bezpieczeństwem, który nie przeszedł jakiegoś etapu walidacji, w protokole walidacji powinien być opis tego (tych) etapu(-ów) badań i/lub analizy w procesie walidacji, którego(-ych) dany element nie przeszedł.

4 Walidacja poprzez analizę

4.1 Postanowienia ogólne

Walidacja elementów systemów sterowania związanych z bezpieczeństwem powinna być przeprowadzona poprzez analizę. Danymi wejściowymi do analizy są:

- zagrożenia stwarzane przez maszynę zidentyfikowane w trakcie analizy [patrz EN 954-1:1996 (ISO 13849-1:1999), rysunek 1];
- nieuszkodzalność [patrz EN 954-1:1996 (ISO 13849-1:1999), 4.2];
- struktura systemu [patrz EN 954-1:1996 (ISO 13849-1:1999), 4.2];

EN ISO 13849-2:2003

- nie podlegające określeniu ilościowemu czynniki jakościowe, które mają wpływ na zachowanie systemu [patrz EN 954-1:1996 (ISO 13849-1:1999), 4.2];
- argumenty deterministyczne.

Walidacja funkcji bezpieczeństwa prowadzona raczej poprzez analizę niż badania wymaga sformułowania argumentów deterministycznych. Argumenty deterministyczne tym różnią się od innych dowodów, że pokazują, jak w sposób logiczny właściwości systemu wynikają z modelu systemu. Argumenty takie można sformułować z wykorzystaniem prostych, powszechnie znanych pojęć takich jak poprawność blokady mechanicznej.

UWAGA Argument deterministyczny jest oparty na aspektach jakościowych (np. jakość wykonania, intensywność uszkodzeń, doświadczenie z użytkowania). Rozważania niniejsze zależą od zastosowania. Na argumenty deterministyczne mogą wpływać różne czynniki.

4.2 Techniki analizy

Wybór techniki analizy zależy od celu, który ma być osiągnięty. Istnieją dwa podstawowe rodzaje technik:

- a) Techniki „od skutku do przyczyny” (dedukcyjne) są wygodne przy określaniu zdarzeń inicjujących, które mogą prowadzić to zidentyfikowanych zdarzeń końcowych, oraz przy wyliczaniu prawdopodobieństwa zdarzenia końcowego na podstawie prawdopodobieństw zdarzeń inicjujących. Mogą być także zastosowane w badaniu skutków zidentyfikowanych defektów wielokrotnych. Przykładowe techniki „od skutku do przyczyny” to Analiza Drzewa Niezdatności (FTA – patrz IEC 61025) oraz Analiza Drzewa Zdarzeń (ETA);
- b) Techniki „od przyczyny do skutku” (indukcyjne) są wygodne przy badaniu skutków zidentyfikowanych defektów pojedynczych. Przykładowe techniki „od skutku do przyczyny” to Analiza Rodzajów i Skutków Uszkodzeń (FMEA – patrz IEC 60812) oraz Analiza Rodzajów, Skutków i Stanów Krytycznych Uszkodzeń (FMECA).

Więcej informacji o metodach analizy podano w załączniku B do normy EN 1050:1996 (ISO 14121:1999).

5 Walidacja poprzez badanie**5.1 Postanowienia ogólne**

W przypadku gdy walidacja poprzez analizę jest niewystarczająca aby potwierdzić osiągnięcie określonych funkcji bezpieczeństwa i kategorii, należy przeprowadzić badanie dopełniające walidację. Badanie zawsze jest dopełnieniem analizy, a często jest konieczne.

Badania walidacyjne powinny być zaplanowane i wykonane w sposób logiczny. W szczególności:

- a) Plan badań powinien zostać sporządzony przed ich rozpoczęciem i powinien zawierać:
 - 1) wykaz badań;
 - 2) oczekiwane wyniki badań;
 - 3) kolejność wykonywania badań.
- b) Powinny zostać sporządzone protokoły badań zawierające:
 - 1) nazwisko osoby wykonującej badania;
 - 2) warunki środowiskowe (patrz rozdział 8);
 - 3) procedury badań oraz zastosowany sprzęt;
 - 4) wyniki badań.
- c) Protokoły badań należy porównać z planem badań, aby upewnić się, że zostały osiągnięte zakładane cele funkcjonalne i eksploatacyjne.

Badana próbka powinna działać w konfiguracji możliwie najbliższej jej końcowej konfiguracji roboczej, tzn. z dołączonymi wszystkimi urządzeniami zewnętrznymi oraz pokrywami.

Badania można wykonać ręcznie lub automatycznie (np. stosując komputer).

Walidację funkcji bezpieczeństwa poprzez badania powinno się przeprowadzać, stosując różne kombinacje sygnałów wejściowych do elementów systemów sterowania związanych z bezpieczeństwem. Odpowiadające im sygnały wyjściowe powinny zostać porównane z wyszczególnionymi danymi wyjściowymi.

Zaleca się, aby kombinacja tych sygnałów wejściowych była stosowana systematycznie do systemu sterowania i do maszyny. Takim logicznym przykładem jest: włączenie zasilania, rozruch, praca, zmiany kierunku, ponowny rozruch. Gdy to konieczne, należy zastosować rozszerzony zakres sygnałów wejściowych, uwzględniający sytuacje nietypowe lub niezwykłe, aby sprawdzić, jak odpowiedzą elementy systemu sterowania związane z bezpieczeństwem. Takie kombinacje sygnałów wejściowych powinny uwzględniać dające się przewidzieć działanie(-a) niewłaściwe.

Cele badania są wyznaczone przez warunki środowiskowe dotyczące tego badania. Warunkami tymi mogą być:

- a) warunki środowiskowe w użytkowaniu zgodnym z przeznaczeniem lub
- b) warunki szczególnego zakresu działania albo
- c) dany zakres warunków, jeśli przewiduje się pełzanie.

UWAGA Zaleca się, aby zakres warunków uznawanych za stabilne i przy których badanie jest ważne, był uzgodniony między projektantem a osobą(-ami) odpowiedzialną(-ymi) za przeprowadzenie badań i zarejestrowany.

5.2 Niepewność pomiaru

Niepewność pomiarów w trakcie walidacji poprzez badanie powinna być odpowiednia do przeprowadzanych badań. Z zasady niepewności pomiarów temperatury nie powinny przekraczać 5 K, zaś następujące niepewności nie powinny przekraczać 5 %:

- a) pomiarów czasu,
- b) pomiarów ciśnienia,
- c) pomiarów siły,
- d) pomiarów elektrycznych,
- e) pomiarów wilgotności względnej,
- f) pomiarów liniowych.

Odchylenia od powyższych niepewności pomiarów należy uzasadnić.

5.3 Wymagania wyższe

Jeśli, zgodnie z informacjami zawartymi w dokumentacji towarzyszącej, system sterowania spełnia wymagania wyższe niż określone w niniejszej normie, stosuje się te wyższe wymagania.

UWAGA Takie wyższe wymagania można zastosować, jeśli system sterowania ma wytrzymać szczególnie niesprzyjające warunki pracy, np. nieumiejętną obsługę, wpływ wilgotności, hydrolizę, zmiany temperatury otoczenia, wpływy czynników chemicznych, korozję, wpływ pól magnetycznych o wysokiej mocy, np. z powodu bliskości nadajników.

5.4 Liczba próbek do badań

Jeśli nie określono inaczej, badania powinny zostać przeprowadzone na pojedynczej próbce produkcyjnej elementu(-ów) związanego(-ych) z bezpieczeństwem, który(-e) ma (mają) przejść z wynikiem pozytywnym wszystkie odpowiednie badania.

EN ISO 13849-2:2003

Badany(-e) element(-y) związany(-e) z bezpieczeństwem nie powinien(-ny) podlegać modyfikacji w trakcie badań.

Niektóre badania mogą na stałe zmienić pewność działania niektórych elementów. Gdy stała zmiana w elementach powoduje, że parametry elementu związanego z bezpieczeństwem są poza jego specyfikacją techniczną, w następnych badaniach należy użyć nowej(-ych) próbki(-ek).

Gdy jakieś szczególne badanie jest niszczące, a równoważne wyniki można uzyskać w badaniu takiej części elementu(-ów) systemu sterowania związanego z bezpieczeństwem, która samodzielnie realizuje funkcje bezpieczeństwa, do uzyskania wyników badania można wykorzystać próbkę tej części zamiast całego elementu(-ów) związanego(-ych) z bezpieczeństwem. Takie podejście należy zastosować tylko wtedy, gdy w czasie analizy wykazano, że badanie części elementu związanego z bezpieczeństwem wystarczy do wykazania zapewnienia bezpieczeństwa całego elementu związanego z bezpieczeństwem realizującego funkcję bezpieczeństwa.

6 Walidacja funkcji bezpieczeństwa

Ważnym etapem jest walidacja funkcji bezpieczeństwa realizowanych przez elementy systemu sterowania związane z bezpieczeństwem w celu potwierdzenia ich całkowitej zgodności z wyszczególnionymi charakterystykami. W procesie walidacji ważne jest poszukiwanie błędów, a w szczególności opuszczeń w sformułowanej specyfikacji dostarczonej razem z racjonalnym uzasadnieniem projektu.

Walidacja funkcji bezpieczeństwa ma na celu upewnienie się, że sygnały wyjściowe związane z bezpieczeństwem są prawidłowe i w sposób logiczny zależą od sygnałów wejściowych, zgodnie ze specyfikacją techniczną. Zaleca się, aby walidacja obejmowała wszystkie normalne oraz dające się przewidzieć warunki nienormalne symulowane statycznie i dynamicznie.

Wyszczególnione funkcje bezpieczeństwa [zgodnie z EN 954-1:1996 (ISO 13849-1:1999), rozdział 5] powinny podlegać walidacji we wszystkich rodzajach pracy maszyny. Oznacza to, że walidacja powinna zostać tak przeprowadzona, aby wykazać prawidłowe funkcjonowanie:

- w różnych konfiguracjach, wystarczających do upewnienia się, że wszystkie wyjścia związane z bezpieczeństwem są realizowane w ich pełnych zakresach. Badania (np. testy przeciążeniowe) mogą być niezbędne do walidacji wyszczególnionych funkcji bezpieczeństwa;
- w odpowiedzi na dający się przewidzieć sygnał różny od normalnego pochodzący z dowolnego źródła sygnałów wejściowych, z uwzględnieniem przerw i przywrócenia zasilania.

UWAGA Zaleca się, aby w odpowiednich przypadkach rozpatrzone kombinacje różnych konfiguracji.

7 Walidacja kategorii

7.1 Analiza i badanie kategorii

Walidacja kategorii powinna wykazać, że są spełnione wymagania dotyczące kategorii. Zasadniczo stosuje się następujące metody:

- analiza schematów obwodów (patrz rozdział 4);
- badanie rzeczywistego obwodu i symulacja defektu na elementach rzeczywistych, szczególnie w obszarach, w których powstają wątpliwości, gdy bierze się pod uwagę parametry zidentyfikowane w trakcie analizy (patrz rozdział 5);
- symulacja zachowania systemu sterowania, np. z zastosowaniem modeli sprzętowych i programowych.

W niektórych przypadkach może okazać się konieczne podzielenie połączonych elementów związanych z bezpieczeństwem na kilka grup funkcjonalnych oraz poddanie tych grup i ich interfejsów badaniom symulacyjnym.

W trakcie przeprowadzania walidacji poprzez badania mogą one obejmować w zależności od wymagań:

- badania wprowadzania defektu do próbki produkcyjnej;
- badania wprowadzenia defektu do modelu sprzętowego;
- symulację programową defektów;
- uszkodzenie podsystemu, np. zasilania.

Ściśle określony moment wprowadzenia defektu do systemu może być krytyczny. Najgorszy skutek wprowadzenia defektu powinien być określony w trakcie analizy; zaleca się, aby defekt został wprowadzony we właściwym czasie krytycznym, zgodnie z analizą.

7.2 Walidacja wymagań dotyczących kategorii

7.2.1 Kategoria B

Elementy systemów sterowania związane z bezpieczeństwem kategorii B należy poddać walidacji zgodnie z podstawowymi zasadami bezpieczeństwa (patrz A.2, B.2, C.2 i D.2) poprzez wykazanie, że specyfikacja, projekt, budowa i dobór elementów są zgodne z EN 954-1:1996 (ISO 13849-1:1999), 6.2.1. Powinno to zostać osiągnięte poprzez sprawdzenie, że element(-y) systemów sterowania związane z bezpieczeństwem są zgodne ze swoją specyfikacją podaną w dokumentach do walidacji (patrz 3.5). Odnośnie do walidacji warunków środowiskowych, patrz 5.1.

7.2.2 Kategoria 1

Elementy systemów sterowania związane z bezpieczeństwem kategorii 1 należy poddać walidacji poprzez wykazanie, że:

- a) spełniają one wymagania kategorii B;
- b) elementy są wypróbowane (patrz A.4 i D.4) poprzez spełnienie co najmniej jednego z następujących warunków:
 - 1) były i są szeroko stosowane w podobnych przypadkach i z pozytywnym skutkiem;
 - 2) zostały wykonane z zastosowaniem zasad, które dowodzą ich przydatności i nieuszkodzalności w zastosowaniach związanych z bezpieczeństwem;
- c) wypróbowane zasady bezpieczeństwa (w uzasadnionych przypadkach patrz A.3, B.3, C.3 i D.3) zostały zastosowane poprawnie. W przypadkach stosowania nowo opracowanych zasad należy poddać walidacji:
 - 1) jak usunięto możliwość wystąpienia oczekiwanych rodzajów uszkodzeń;
 - 2) jak uniknięto defektów lub zmniejszono prawdopodobieństwo ich wystąpienia.

Odpowiednie normy dotyczące elementów mogą być wykorzystane do wykazania zgodności z niniejszym podrozdziałem (patrz A.4 i D.4).

7.2.3 Kategoria 2

Elementy systemów sterowania związane z bezpieczeństwem kategorii 2 należy poddać walidacji poprzez wykazanie, że:

- a) spełniają one wymagania kategorii B;
- b) zastosowane wypróbowane zasady bezpieczeństwa (jeśli mają zastosowanie) spełniają wymagania według 7.2.2 c);

EN ISO 13849-2:2003

- c) sprzęt sprawdzający wykrywa wszystkie występujące defekty wprowadzane pojedynczo w czasie procesu sprawdzania oraz generuje odpowiednie działanie sterujące, które:
 - 1) inicjuje stan bezpieczeństwa lub, gdy jest to niemożliwe,
 - 2) ostrzega przed zagrożeniem;
- d) sprawdzenie(-a) wykonane przez sprzęt sprawdzający nie wprowadza(-ją) stanu niebezpiecznego;
- e) rozpoczęcie sprawdzenia odbywa się
 - 1) wraz z uruchomieniem maszyny i przed inicjacją sytuacji zagrożenia oraz
 - 2) okresowo w czasie pracy, jeśli ocena ryzyka i rodzaj wykonywanej pracy wskazują, że jest to konieczne.

7.2.4 Kategoria 3

Elementy systemów sterowania związane z bezpieczeństwem kategorii 3 należy poddać walidacji poprzez wykazanie, że:

- a) spełniają one wymagania kategorii B;
- b) zastosowane wypróbowane zasady bezpieczeństwa (jeśli mają zastosowanie) spełniają wymagania według 7.2.2 c);
- c) pojedynczy defekt nie prowadzi do utraty funkcji bezpieczeństwa;
- d) pojedyncze defekty (łącznie z defektami o wspólnej przyczynie) są wykrywane zgodnie z racjonalnym uzasadnieniem projektu.

7.2.5 Kategoria 4

Elementy systemów sterowania związane z bezpieczeństwem kategorii 4 należy poddać walidacji poprzez wykazanie, że:

- a) spełniają one wymagania kategorii B;
- b) zastosowane wypróbowane zasady bezpieczeństwa (jeśli mają zastosowanie) spełniają wymagania według 7.2.2 c);
- c) pojedynczy defekt (łącznie z defektami o wspólnej przyczynie) nie prowadzi do utraty funkcji bezpieczeństwa;
- d) pojedyncze defekty są wykrywane wraz z przywołaniem funkcji bezpieczeństwa lub przed następnym jej przywołaniem;
- e) jeśli postanowienie według d) jest niemożliwe do spełnienia, to akumulacja defektów nie prowadzi do utraty funkcji bezpieczeństwa. Zakres rozpatrywanej akumulacji defektów powinien być zgodny z racjonalnym uzasadnieniem projektu.

7.3 Walidacja kombinacji elementów związanych z bezpieczeństwem

Gdy funkcja bezpieczeństwa jest realizowana przez dwa elementy związane z bezpieczeństwem lub większą ich liczbę, należy przeprowadzić walidację kombinacji (poprzez analizę i, jeśli to konieczne, poprzez badanie), aby stwierdzić, że taka kombinacja ma pewność działania określoną w projekcie. Można uwzględnić już istniejące wyniki walidacji elementów związanych z bezpieczeństwem.

8 Walidacja wymagań środowiskowych

Działanie elementów systemu sterowania związanych z bezpieczeństwem określone w projekcie powinno podlegać walidacji względem warunków środowiskowych wyszczególnionych w odniesieniu do systemu sterowania.

Walidację należy przeprowadzić poprzez analizę i, jeśli to konieczne, poprzez badanie. Zakres analizy i badań zależy od elementów związanych z bezpieczeństwem, systemu, w którym są zainstalowane, zastosowanej techniki, oraz warunków środowiskowych, które poddaje się walidacji. W procesie walidacji można wykorzystać dane dotyczące nieuszkodzalności eksploatacyjnej systemu lub jego elementów oraz potwierdzenie zgodności z odpowiednimi normami środowiskowymi (np. odporności na wnikanie wody, ochrony przed drganiami).

Jeśli ma to zastosowanie, walidacja powinna odnosić się do:

- przewidywanych narażeń mechanicznych spowodowanych udarem, drganiami, dostawaniem się zanieczyszczeń;
- trwałości mechanicznej;
- elektrycznych wartości znamionowych i zasilania;
- warunków klimatycznych (temperatura i wilgotność);
- kompatybilności elektromagnetycznej (odporność).

Gdy konieczne jest wykonanie badania w celu stwierdzenia zgodności z wymaganiami środowiskowymi, należy stosować procedury określone we właściwych normach zgodnie z wymaganiami dotyczącymi danego przypadku.

Po przeprowadzeniu walidacji poprzez badanie funkcje bezpieczeństwa powinny być nadal realizowane zgodnie ze specyfikacją wymagań bezpieczeństwa lub elementy systemów sterowania związane z bezpieczeństwem powinny wytwarzać sygnały wyjściowe w celu zainicjowania stanu bezpiecznego.

9 Walidacja wymagań dotyczących konserwacji

Proces walidacji powinien wykazać, że wymagania dotyczące konserwacji określone w EN 954-1:1996 (ISO 13849-1:1999), rozdział 9, akapit 2, zostały zastosowane.

Załącznik A (informacyjny)

Narzędzia walidacji układów mechanicznych

Spis treści

Załącznik A (informacyjny) Narzędzia walidacji układów mechanicznych	16
A.1 Wprowadzenie	16
A.2 Lista podstawowych zasad bezpieczeństwa	16
A.3 Lista wypróbowanych zasad bezpieczeństwa	17
A.4 Lista wypróbowanych elementów	18
A.5 Listy defektów i wykluczeń defektów	19
A.5.1 Wprowadzenie	19
A.5.2 Różne urządzenia, elementy i części mechaniczne	19
A.5.3 Śrubowe sprężyny dociskające	20

A.1 Wprowadzenie

Gdy układy mechaniczne stosowane są razem z innymi technikami, zaleca się także wzięcie pod uwagę podstawowych i wypróbowanych zasad bezpieczeństwa zawartych w odpowiednich tablicach. Odnośnie do dalszych wykluczeń defektów, patrz 3.3.

A.2 Lista podstawowych zasad bezpieczeństwa

Tablica A.1 – Podstawowe zasady bezpieczeństwa

Podstawowe zasady bezpieczeństwa	Komentarze
Stosowanie odpowiednich materiałów i sposobów wytwarzania	Dobór materiałów, metod wytwarzania i obróbki ze względu na np. naprężenia, trwałość, sprężystość, tarcie, zużycie, korozję, temperaturę.
Prawidłowe wymiarowanie i kształtowanie	Uwzględnić np. naprężenie, odkształcenie, zmęczenie, chropowatość powierzchni, tolerancje, przywieranie, wytwarzanie.
Właściwy dobór, łączenie, układ, montaż i instalowanie elementów/systemu	Przestrzegać wskazówek producenta dotyczących stosowania np. kart katalogowych, instrukcji instalowania, specyfikacji oraz dobrej praktyki inżynierskiej z podobnych elementów/systemów.
Stosowanie zasady odprowadzenia energii	<p>Stan bezpieczny osiąga się poprzez rozładowanie energii. Patrz postępowanie podstawowe przy zatrzymywaniu, podane w EN 292-2:1991 (ISO/TR 12100-1:1992), 3.7.1. Energię dostarcza się do rozpoczęcia ruchu mechanizmu. Patrz postępowanie podstawowe przy rozruchu, podane w EN 292-2:1991 (ISO/TR 12100-1:1992), 3.7.1.</p> <p>Uwzględnić różne rodzaje działań, np. praca, utrzymanie ruchu.</p> <p>Niniejsza zasada nie powinna być stosowana w specjalnych sytuacjach, np. utrzymywanie energii do uchwytów.</p>
Właściwe mocowanie	<p>Przestrzegać wskazówek producenta dotyczących zabezpieczania połączeń śrubowych przed poluzowaniem się.</p> <p>Przeciążenia można uniknąć, stosując odpowiednią technikę obciążania momentem obrotowym.</p>

Tablica A.1 – Podstawowe zasady bezpieczeństwa (ciąg dalszy)

Podstawowe zasady bezpieczeństwa	Komentarze
Ograniczenie generowania i przenoszenia siły i innych podobnych wielkości	Przykładami są kołek ścinany, płyta przeciążeniowa, sprzęgło ograniczające przenoszony moment obrotowy.
Ograniczenie zakresu wielkości środowiskowych	Przykładami wielkości są: temperatura, wilgotność, zanieczyszczenie w miejscu zainstalowania. Patrz rozdział 8 oraz uwzględnić wskazówki producenta dotyczące stosowania.
Ograniczenie prędkości i podobnych wielkości	Uwzględnić np. prędkość, przyspieszenie, opóźnienie wymagane w danym zastosowaniu.
Właściwy czas reakcji	Uwzględnić zużycie sprężyny, tarcie, smarowanie, temperaturę, bezwładność podczas przyspieszania i opóźniania, nakładanie się odchylek.
Zabezpieczenie przed nieoczekiwanym rozruchem	<p>Uwzględnić nieoczekiwany rozruch spowodowany nagromadzoną energią oraz po przywróceniu „zasilania” przy różnych rodzajach działań – praca, utrzymanie ruchu, itp.</p> <p>Może okazać się konieczne użycie specjalnego wyposażenia do rozproszenia nagromadzonej energii.</p> <p>Szczególne zastosowania, np. utrzymywanie energii do uchwytów lub w celu zapewnienia położenia, wymagają oddzielnego rozpatrzenia.</p>
Uproszczenie	Zmniejszyć liczbę elementów w układzie związanym z bezpieczeństwem
Oddzielenie	Oddzielenie funkcji związanych z bezpieczeństwem od innych funkcji
Właściwe smarowanie	–
Właściwe zapobieganie wnikaniu płynów i pyłu	Uwzględnić wartości znamionowe IP [patrz EN 60529 (IEC 60529)]

A.3 Lista wypróbowanych zasad bezpieczeństwa

Tablica A.2 – Wypróbowane zasady bezpieczeństwa

Wypróbowane zasady bezpieczeństwa	Komentarze
Stosowanie starannie dobranych materiałów i sposobów wytwarzania	Dobór odpowiednich materiałów, właściwych metod wytwarzania i obróbki w zależności od zastosowania.
Stosowanie elementu o znanym rodzaju uszkodzeń	Dominujący rodzaj uszkodzenia danego elementu jest znany wcześniej i zawsze ten sam, patrz EN 292-2:1991 (ISO/TR 12100-1:1992), 3.7.4.
Współczynnik przewymiarowania/bezpieczeństwa	Współczynniki bezpieczeństwa podane są w normach lub wynikają z doświadczenia w dziedzinie zastosowań związanych z bezpieczeństwem.
Bezpieczne położenie	Poruszająca się część elementu utrzymywana jest w jednym z możliwych położen środków mechanicznych (samo tarcie nie wystarczy). Do zmiany położenia potrzebna jest siła.
Zwiększona siła do wyłączenia	Bezpieczne położenie/stan otrzymuje się poprzez zwiększenie siły do wyłączenia względem siły do włączenia.
Staranny dobór, łączenie, układ, montaż i instalowanie elementów/systemu w zależności od zastosowania	–

Tablica A.2 – Wypróbowane zasady bezpieczeństwa (ciąg dalszy)

Wypróbowane zasady bezpieczeństwa	Komentarze
Staranny dobór sposobu mocowania w zależności od zastosowania	Należy unikać polegania tylko na tarcu.
Mechanicznie wymuszone oddziaływanie	Działanie zależne (np. równoległe) elementów uzyskuje się poprzez połączenie(-a) mechanicznie wymuszone. Zaleca się, aby sprężyny lub inne „podatne” elementy nie były częścią tego (tych) połączenia(-ń) [patrz EN 292-2:1991 (ISO/TR 12100-1:1992), 3.5].
Elementy wielokrotne	Ograniczanie skutków defektów poprzez zwielokrotnianie elementów, np. w przypadku gdy defekt jednej sprężyny (z wielu sprężyn) nie prowadzi do sytuacji niebezpiecznej.
Stosowanie wypróbowanych sprężyn (patrz także tablica A.3)	<p>W odniesieniu do wypróbowanej sprężyny wymaga się:</p> <ul style="list-style-type: none"> – stosowania starannie dobranych materiałów, metod wytwarzania (np. wstępne uginanie i obciążenie cykliczne przed stosowaniem) i obróbkę (np. walcowanie i śrutowanie), – dostatecznego prowadzenia sprężyny i – dostatecznego współczynnika bezpieczeństwa dla naprężeń zmęczeniowych (np. z dużym prawdopodobieństwem, że nie pojawi się pęknięcie). <p>Wypróbowana śrubowa sprężyna dociskająca może także zostać zaprojektowana z uwzględnieniem:</p> <ul style="list-style-type: none"> – stosowania starannie dobranych materiałów, metod wytwarzania (np. wstępne uginanie i obciążenie cykliczne przed stosowaniem) i obróbkę (np. walcowanie i śrutowanie), – dostatecznego prowadzenia sprężyny, – w stanie nieobciążonym odstępów między zwojami mniejszych niż średnica drutu oraz – zachowania dostatecznie dużej siły po wystąpieniu pęknięcia (tzn. pęknięcie(-a) nie będzie(-a) powodować powstania sytuacji niebezpiecznej).
Ograniczony zakres siły i podobnych wielkości	Określić niezbędne ograniczenie na podstawie doświadczenia i w zależności od zastosowania. Przykładami środków realizujących ograniczenie są: kołek ścinany, płytka przeciążeniowa, sprzęgło ograniczające przenoszony moment obrotowy.
Ograniczony zakres prędkości i podobnych wielkości	Określić niezbędne ograniczenie na podstawie doświadczenia i w zależności od zastosowania. Przykładami środków realizujących ograniczenie lub samych ograniczeń są: regulator odśrodkowy, monitorowanie bezpiecznej prędkości lub ograniczone przemieszczenie.
Ograniczony zakres wielkości środowiskowych	Określić niezbędne ograniczenia. Przykładami wielkości są: temperatura, wilgotność, zanieczyszczenie przy instalowaniu. Patrz rozdział 8; uwzględnić także wskazówki producenta dotyczące stosowania.
Ograniczony zakres czasu reakcji, ograniczona histereza	Określić niezbędne ograniczenia. Uwzględnić np. zużycie sprężyny, tarcie, smarowanie, temperaturę, bezwładność przy przyspieszaniu i opóźnianiu, nakładanie się odchyłek.

A.4 Lista wypróbowanych elementów

Podana poniżej lista wypróbowanych elementów do zastosowań związanych z bezpieczeństwem jest oparta na wypróbowanych zasadach bezpieczeństwa i/lub normach dotyczących ich poszczególnych zastosowań.

Element wypróbowany w niektórych zastosowaniach może być niewłaściwy do innych zastosowań.

Tablica A.3 – Wypróbowane elementy

Wypróbowane elementy	Warunki „wypróbowania”	Norma lub specyfikacja
Śruba	Rozważyć wszystkie czynniki wpływające na połączenie śrubowe oraz zastosowanie. Patrz tablica A.2 „Lista wypróbowanych zasad bezpieczeństwa”.	Mechaniczne elementy złączne, takie jak śruby, nakrętki, podkładki, nity, kołki, sworznie itp., są znormalizowane.
Sprężyna	Patrz tablica A.2 „Stosowanie wypróbowanych sprężyn”.	Specyfikacje techniczne dotyczące stali sprężynowych i innych do specjalnych zastosowań podane są w normie ISO 4960.
Krzywka	Rozważyć wszystkie czynniki wpływające na umiejscowienie krzywki (np. element urządzenia blokującego). Patrz tablica A.2 „Lista wypróbowanych zasad bezpieczeństwa”.	Patrz EN 1088 (ISO 14119) (Urządzenia blokujące).
Kołek ścinany	Rozważyć wszystkie czynniki wpływające na zastosowanie. Patrz tablica A.2 „Lista wypróbowanych zasad bezpieczeństwa”.	–

A.5 Listy defektów i wykluczeń defektów

A.5.1 Wprowadzenie

Na niniejszych listach podano pewne wykluczenia defektów, łącznie z ich racjonalnymi przesłankami. Odnosnie do dalszych wykluczeń, patrz 3.3.

Ścisłe określony moment, w którym pojawia się defekt, może być krytyczny (patrz 7.1).

A.5.2 Różne urządzenia, elementy i części mechaniczne

Tablica A.4 – Urządzenia, elementy i części mechaniczne

(np. krzywka, popychacz, łańcuch, sprzęgło, hamulec, wał, śruba, kołek, prowadnica, łożysko)

Rozpatrywany defekt	Wykluczenie defektu	Komentarze
Zużycie/korozja	Tak, w przypadku starannie dobranej materiału, (prze)wymiarowania, procesu wytwarzania i obróbki oraz właściwego smarowania, zgodnie z określonym okresem trwałości (patrz także tablica A.2).	Patrz EN 954-1:1996 (ISO 13849-1:1999), 7.2
Odkręcenie się/poluzowanie	Tak, w przypadku starannie dobranej materiału, procesu wytwarzania, środków zabezpieczających przed poluzowaniem, obróbki, zgodnie z określonym okresem trwałości (patrz także tablica A.2).	
Pęknięcie	Tak, w przypadku starannie dobranej materiału, (prze)wymiarowania, procesu wytwarzania i obróbki oraz właściwego smarowania, zgodnie z określonym okresem trwałości (patrz także tablica A.2).	
Odkształcenie spowodowane nadmiernym naprężeniem	Tak, w przypadku starannie dobranej materiału, (prze)wymiarowania, procesu wytwarzania i obróbki, zgodnie z określonym okresem trwałości (patrz także tablica A.2).	
Sztywność/przywieranie	Tak, w przypadku starannie dobranej materiału, (prze)wymiarowania, procesu wytwarzania i obróbki oraz właściwego smarowania, zgodnie z określonym okresem trwałości (patrz także tablica A.2).	

EN ISO 13849-2:2003

A.5.3 Śrubowe sprężyny dociskające**Tablica A.5 – Śrubowe sprężyny dociskające**

Rozpatrywany defekt	Wykluczenie defektu	Komentarze
Zużycie/korozja	Tak, w przypadku stosowania wypróbowanej(-ych) sprężyny (sprężyn) i starannie dobrego mocowania (patrz tablica A.2).	Patrz EN 954-1:1996 (ISO 13849-1:1999), 7.2
Zmniejszenie siły spowodowane nastawieniem i pękaniem		
Pęknięcie		
Sztywność/przywieranie		
Poluzowanie		
Odształcenie spowodowane nadmiernym naprężeniem		

Załącznik B (informacyjny)

Narzędzia walidacji układów pneumatycznych

Spis treści

Załącznik B (informacyjny) Narzędzia walidacji układów pneumatycznych.....	21
B.1 Wprowadzenie	21
B.2 Lista podstawowych zasad bezpieczeństwa.....	21
B.3 Lista wypróbowanych zasad bezpieczeństwa	22
B.4 Lista wypróbowanych elementów	23
B.5 Listy defektów i wykluczeń defektów.....	23
B.5.1 Wprowadzenie	23
B.5.2 Zawory.....	24
B.5.3 Połączenia rurowe, zespoły przewodów giętkich i łączniki rurowe	27
B.5.4 Przekładniki i przetworniki ciśnienia płynu	28
B.5.5 Urządzenia do uzdatniania sprężonego powietrza	29
B.5.6 Akumulatory i zbiorniki ciśnieniowe	29
B.5.7 Czujniki	30
B.5.8 Przetwarzanie informacji	30

B.1 Wprowadzenie

Gdy układy pneumatyczne są stosowane w połączeniu z innymi technikami, zaleca się także wzięcie pod uwagę podstawowych i wypróbowanych zasad bezpieczeństwa zawartych w odpowiednich tablicach. Gdy elementy pneumatyczne są podłączone/sterowane elektrycznie, zaleca się także wzięcie pod uwagę właściwych list defektów z załącznika D.

UWAGA Mogą mieć zastosowanie określone dyrektywy, np. dotyczące prostych zbiorników ciśnieniowych czy urządzeń ciśnieniowych.

B.2 Lista podstawowych zasad bezpieczeństwa

Tablica B.1 – Podstawowe zasady bezpieczeństwa

Podstawowe zasady bezpieczeństwa	Komentarze
Stosowanie odpowiednich materiałów i metod wytwarzania	Dobór materiałów, metod wytwarzania i obróbki ze względu na np. naprężenia, trwałość, sprężystość, tarcie, zużycie, korozję, temperaturę.
Prawidłowe wymiarowanie i kształtowanie	Uwzględnić np. naprężenie, odkształcenie, zmęczenie, chropowatość powierzchni, tolerancje, przywieranie, wytwarzanie.
Właściwy dobór, łączenie, układ, montaż i instalowanie elementów/układu	Przestrzegać wskazówek producenta dotyczących stosowania, np. karty katalogowe, instrukcje dotyczące instalowania, specyfikacje oraz dobre praktyki inżynierskie stosowane w przypadku podobnych elementów/układów.
Stosowanie zasady odprowadzenia energii	<p>Stan bezpieczny osiąga się poprzez rozładowanie energii ze wszystkich urządzeń, których to dotyczy. Patrz postępowanie podstawowe przy zatrzymywaniu, podane w EN 292-2:1991 (ISO/TR 12100-1:1992), 3.7.1.</p> <p>Energię dostarcza się w celu rozpoczęcia ruchu mechanizmu. Patrz postępowanie podstawowe przy rozruchu, podane w EN 292-2:1991 (ISO/TR 12100-1:1992), 3.7.1.</p> <p>Uwzględnić różne rodzaje działań, np. praca, utrzymanie ruchu.</p> <p>Niniejsza zasada nie powinna być stosowana w specjalnych sytuacjach, np. gdy utrata ciśnienia pneumatycznego stworzy dodatkowe zagrożenie.</p>

Tablica B.1 – Podstawowe zasady bezpieczeństwa (ciąg dalszy)

Podstawowe zasady bezpieczeństwa	Komentarze
Właściwe mocowanie	W przypadku stosowania np. połączeń śrubowych zabezpieczonych przed poluzowaniem się, połączeń klejonych, pierścienia zaciskowego uwzględnić wskazówki producenta dotyczące stosowania. Przeciążenia można uniknąć, stosując odpowiednią technikę obciążania momentem obrotowym.
Ograniczenie ciśnienia	Przykłady to stosowanie zaworu nadmiarowego ciśnieniowego, regulatora ciśnienia/zaworu sterującego ciśnieniem.
Ograniczenie/zmniejszenie prędkości	Przykładem jest ograniczenie prędkości tłoka przez zawór przepływowy lub przepustnicę.
Dostateczne unikanie zanieczyszczenia płynu	Rozważyć filtrację i oddzielanie cząstek stałych i wody od płynu.
Właściwy zakres czasu włączania	Rozważyć np. długość rurociągów, ciśnienie, wydajność wentylacji, siłę, zużycie sprężyny, tarcie, smarowanie, temperaturę, bezwładność podczas przyspieszania i opóźniania, nakładanie się odchylek.
Odporność na warunki środowiskowe	Sprzęt tak zaprojektować, aby mógł pracować we wszystkich oczekiwanych środowiskach i możliwych do przewidzenia warunkach niekorzystnych, np. temperatura, wilgotność, drgania, zanieczyszczenia. Patrz rozdział 8; uwzględnić także wskazówki producenta dotyczące stosowania.
Zabezpieczenie przed nieoczekiwanym rozruchem	Uwzględnić nieoczekiwany rozruch spowodowany nagromadzoną energią oraz po przywróceniu zasilania przy różnych rodzajach działań – praca, utrzymanie ruchu itp. Może okazać się konieczne użycie specjalnego wyposażenia do rozproszenia zakumulowanej energii [patrz EN 1037:1995 (ISO 14118:2000) 5.3.1.3]. Szczególne zastosowania, np. utrzymywanie energii do uchwytów lub w celu zapewnienia położenia, wymagają oddzielnego rozpatrzenia.
Uproszczenie	Zmniejszać liczbę elementów w systemie związanym z bezpieczeństwem.
Właściwy zakres temperatury	Rozpatrzyć, analizując cały system.
Oddzielenie	Oddzielenie funkcji związanych z bezpieczeństwem od innych funkcji.

B.3 Lista wypróbowanych zasad bezpieczeństwa

Tablica B.2 – Wypróbowane zasady bezpieczeństwa

Wypróbowane zasady bezpieczeństwa	Komentarze
Współczynnik przewymiarowania/bezpieczeństwa	Współczynnik bezpieczeństwa jest podany w normach lub wynika z doświadczenia w dziedzinie zastosowań związanych z bezpieczeństwem.
Bezpieczne położenie	Poruszająca się część elementu jest utrzymywana w jednym z możliwych położen środków mechanicznymi (samo tarcie nie wystarczy). Do zmiany położenia potrzebna jest siła.
Zwiększona siła wyłączania	Jednym z rozwiązań może być zastosowanie znacznie większego wyróżnika otwarcia przy ruchu suwaka rozdzielacza do położenia bezpiecznego (położenie wyłączenia) niż przy ruchu do położenia włączenia (współczynnik bezpieczeństwa).

Tablica B.2 – Wypróbowane zasady bezpieczeństwa (ciąg dalszy)

Wypróbowane zasady bezpieczeństwa	Komentarze
Zawór zamykany ciśnieniem obciążenia	Zwykle są to zawory gniazdowe, np. zawory grzybkowe, zawory kulkowe. Rozważyć, w jaki sposób wykorzystać ciśnienie obciążenia, aby zawór pozostawał zamknięty, nawet gdy złamie się sprężyna zamykająca.
Stosowanie zasady mechanicznie wymuszonego oddziaływania	Mechanicznie wymuszone oddziaływanie stosuje się do poruszania części wewnątrz elementów pneumatycznych, patrz także tablica A.2.
Elementy wielokrotne	Patrz tablica A.2.
Stosowanie wypróbowanych sprężyn	Patrz tablica A.2.
Ograniczenie/zmniejszenie prędkości spowodowane oporem na drodze danego przepływu	Przykładami są: stosowanie otworu o stałej wielkości i ustalonej przepustnicy.
Ograniczenie/zmniejszenie siły	Można to osiągnąć poprzez zastosowanie wypróbowanego zaworu nadmiarowego ciśnieniowego, właściwie wymiarowanego i dobranego, który jest np. wyposażony w wypróbowaną sprężynę.
Właściwy zakres warunków pracy	Zaleca się rozważenie ograniczenia zakresu warunków pracy, np. zakresu ciśnienia, strumienia objętości i zakresu temperatury.
Właściwy sposób unikania zanieczyszczenia płynu	Rozpatrzyć wysoki stopień filtracji i oddzielania cząstek stałych i wody od płynu.
Dostateczne przekrycie dodatnie w zaworach tłoczkowych	Przekrycie dodatnie zapewnia funkcję zatrzymania i zapobiega ruchom niedozwolonym.
Ograniczona histereza	Na przykład zwiększone tarcie powoduje zwiększenie histerezy. Nakładanie się odchyłek także wpływa na histerezę.

B.4 Lista wypróbowanych elementów

W chwili obecnej nie ma listy wypróbowanych elementów. Status wypróbowanego elementu zależy od zastosowania. Elementy można uznać jako wypróbowane, jeśli są zgodne z opisem podanym w EN 954-1:1996 (ISO 13849-1:1999), 6.2.2, i EN 983:1996, rozdziały od 5 do 7.

Element wypróbowany w niektórych zastosowaniach może być niewłaściwy w innych zastosowaniach.

B.5 Listy defektów i wykluczeń defektów

B.5.1 Wprowadzenie

Na listach podano pewne wykluczenia defektów, łącznie z ich racjonalnymi przesłankami. Odnosnie do dalszych wykluczeń, patrz 3.3.

Ściśle określony moment, w którym pojawia się defekt, może być krytyczny (patrz 7.1).

EN ISO 13849-2:2003

B.5.2 Zawory

Tablica B.3 – Rozdzielacze

Rozważany defekt	Wykluczenie defektu	Komentarze
Zmiana czasów przełączania	Tak, w przypadku mechanicznie wymuszonych oddziaływań (patrz tablica A.2) elementów ruchomych, dopóki siła pobudzająca jest wystarczająco duża.	–
Nieprzełączanie się (przyssanie w położeniu końcowym lub zerowym) lub niecałkowite przełączenie (przywarcie w losowym położeniu pośrednim)	Tak, w przypadku mechanicznie wymuszonych oddziaływań (patrz tablica A.2) elementów ruchomych, dopóki siła pobudzająca jest wystarczająco duża.	–
Samorzutna zmiana początkowego położenia przełączania (bez sygnału wejściowego)	<p>Tak, w przypadku mechanicznie wymuszonych oddziaływań (patrz tablica A.2) elementów ruchomych, dopóki siła pobudzająca jest wystarczająco duża, lub</p> <p>Tak, jeśli stosuje się wypróbowane sprężyny (patrz tablica A2) oraz jeśli zastosowano normalne warunki zainstalowania i pracy (patrz komentarz 1)), lub</p> <p>Tak, w przypadku rozdzielaczy suwakowych tłoczkowych ze sprężystym uszczelnieniem oraz jeśli zastosowano normalne warunki zainstalowania i pracy (patrz komentarz 1)).</p>	<p>1) Normalne warunki zainstalowania i pracy są wtedy, gdy:</p> <ul style="list-style-type: none"> – przestrzega się warunków określonych przez producenta i – ciężar elementów ruchomych nie wpływa niekorzystnie na poziom bezpieczeństwa (np. są zainstalowane poziomo), i – żadne specjalne siły bezwładności nie działają na elementy ruchome (np. w kierunku ruchu uwzględniono kierunek ustawienia ruchomych części maszyny) oraz – nie występują ekstremalne drgania i naprężenia udarowe.
Przeciek	<p>Tak, w przypadku rozdzielaczy suwakowych tłoczkowych ze sprężystym uszczelnieniem i jeśli przewidziano dostateczne przekrycie dodatnie (patrz komentarz 2)) oraz jeśli zastosowano normalne warunki pracy i zapewniono prawidłowe uzdatnienie oraz filtrację sprężonego powietrza, lub</p> <p>Tak, w przypadku zaworów gniazdowych, jeśli zastosowano normalne warunki pracy (patrz uwaga 3)) i zapewniono prawidłowe uzdatnienie oraz filtrację sprężonego powietrza.</p>	<p>2) W przypadku rozdzielaczy suwakowych tłoczkowych ze sprężystym uszczelnieniem skutki przecieku zwykle można pominąć. Jednak mały przeciek może być długotrwały.</p> <p>3) Normalne warunki pracy są wtedy, jeśli przestrzega się warunków określonych przez producenta.</p>
Zmiany strumienia przecieku w trakcie długotrwałego użytkowania	Żadne	–
Pęknięcie korpusu zaworu lub złamanie elementu(-ów) ruchomego(-ych), jak również złamanie/pęknięcie śrub mocujących lub śrub korpusu	Tak, jeśli konstrukcja, zwymiarowanie i instalowanie zgodne są z dobrą praktyką inżynierską.	
W przypadku serwozaworów i zaworów proporcjonalnych: defekty pneumatyczne, które powodują niekontrolowane zachowanie się zaworu	Tak, w przypadku serwozaworów i rozdzielaczy proporcjonalnych, jeśli można je ocenić w aspekcie bezpieczeństwa technicznego, tak jak rozdzielaczy konwencjonalnych, z uwzględnieniem ich konstrukcji i budowy.	
UWAGA Jeśli funkcje sterowania są realizowane przez kilka zaworów o pojedynczych funkcjach, to zaleca się przeprowadzenie analizy każdego zaworu. Zaleca się przeprowadzenie takiej samej procedury w przypadku zaworów sterowanych pośrednio.		

Tablica B.4 – Zawory odcinające/zawory zwrotne/szybkodziałające zawory odpowietrzające/zawory logiczne „albo” itd

Rozważany defekt	Wykluczenie defektu	Komentarze
Zmiana czasów przełączania	Żadne	
Brak otwarcia, niepełne otwarcie, brak zamknięcia lub niepełne zamknięcie (przyssanie w położeniu końcowym lub dowolnym położeniu pośrednim)	Tak, jeśli układ prowadzący element(-y) ruchomy(-e) zaprojektowany jest podobnie jak w niesterowanym zaworze kulowym bez układu tłumiącego (patrz komentarz 1)) oraz jeśli zastosowano wypróbowane sprężyny (patrz tablica A.2).	1) W niesterowanym zaworze kulowym bez układu tłumienia układ prowadzący zwykle jest zaprojektowany w taki sposób, że jakiegokolwiek przyssanie elementu ruchomego jest nieprawdopodobne.
Samorzutna zmiana początkowego położenia przełączania (bez sygnału wejściowego)	Tak, w normalnych warunkach zainstalowania i pracy (patrz komentarz 2)) oraz jeśli zapewniono wystarczającą siłę zamykającą wynikającą ze stosowanych ciśnienia i powierzchni.	2) Normalne warunki zainstalowania i pracy są wtedy, gdy: <ul style="list-style-type: none"> – przestrzega się warunków określonych przez producenta i – żadne specjalne siły bezwładności nie działają na elementy ruchome (np. w kierunku ruchu uwzględniono kierunek ustawienia ruchomych części maszyny) oraz – nie występują ekstremalne drgania i naprężenia udarowe.
W zaworach logicznych „albo”: jednocześnie zamknięcie obydwu łączników wejściowych	Tak, jeśli na podstawie konstrukcji i budowy można stwierdzić, że jednocześnie zamknięcie jest nieprawdopodobne.	–
Przeciek	Tak, jeśli zastosowano normalne warunki pracy (patrz komentarz 3)) i zapewniono prawidłowe uzdatnienie oraz filtrację sprężonego powietrza.	3) Normalne warunki pracy są wtedy, gdy przestrzega się warunków określonych przez producenta.
Zmiany w strumieniu przecieku w trakcie długotrwałego użytkowania	Żadne	–
Pęknięcie korpusu zaworu lub złamanie elementu(-ów) ruchomego(-ych), jak również złamanie/pęknięcie śrub mocujących lub korpusu	Tak, jeśli konstrukcja, zwymiarowanie i instalowanie są zgodne z dobrą praktyką inżynierską.	

Tablica B.5 – Zawory przepływowe

Rozważany defekt	Wykluczenie defektu	Komentarze
Zmiana strumienia objętości bez jakiegokolwiek zmiany nastawy urządzenia nastawczego	Tak, w zaworach regulacyjnych bez elementów ruchomych (patrz komentarz 1)), np. zawory dławiące, jeśli zastosowano normalne warunki pracy (patrz komentarz 2)) i zapewniono prawidłowe uzdatnienie oraz filtrację sprężonego powietrza.	1) Urządzenia nastawczego nie uważa się za element ruchomy. Zmiany w strumieniu objętości spowodowane różnicami ciśnienia są w tym rodzaju zaworów fizycznie ograniczone i niniejsze założenia dotyczące defektu ich nie dotyczą.
Zmiana strumienia objętości w przypadku nie nastawnych okrągłych kryz i dysz	Tak, jeśli średnica $\geq 0,8$ mm, zastosowano normalne warunki pracy i zapewniono prawidłowe uzdatnienie oraz filtrację sprężonego powietrza.	2) Normalne warunki pracy są wtedy, gdy przestrzega się warunków określonych przez producenta.

EN ISO 13849-2:2003

Tablica B.5 – Zawory przepływowe (ciąg dalszy)

Rozważany defekt	Wykluczenie defektu	Komentarze
W proporcjonalnych zaworach przepływowych: zmiana strumienia objętości spowodowana niezamierzoną zmianą wartości nastawionej	Żadne	–
Samorzutne przestawienie się urządzenia nastawczego	Tak, w przypadku gdy istnieje skuteczne zabezpieczenie urządzenia nastawczego dostosowane do danego szczególnego przypadku, działające według technicznej specyfikacji bezpieczeństwa.	
Niezamierzone poluzowanie się (odkręcenie śrub) elementu(-ów) pracującego(-ych) w urządzeniu nastawczym	Tak, jeśli stosuje się skuteczne urządzenie zabezpieczające przed poluzowaniem się (odkręceniem się śrub).	
Pęknięcie korpusu zaworu lub złamanie elementu(-ów) ruchomego(-ych) jak również złamanie/pęknięcie śrub mocujących lub korpusu	Tak, jeśli konstrukcja, wymiarowanie i instalacja zgodne są z dobrą praktyką inżynierską.	

Tablica B.6 – Zawory ciśnieniowe

Rozważany defekt	Wykluczenie defektu	Komentarze
Nieotwarcie lub niedostateczne otwarcie (w czasie lub przestrzeni) po przekroczeniu zadanego ciśnienia (przyssanie lub powolny ruch elementu ruchomego) (patrz komentarz 1))	Tak, jeśli: – układ prowadzący elementu(-ów) ruchomego(-ych) podobny jest do układu stosowanego w niesterowanym kulkowym zaworze lub membranowym (patrz komentarz 2)), np. w zaworze obniżającym ciśnienie z wtórnym odciążeniem, i – zastosowane są wypróbowane sprężyny (patrz tablica A.2).	1) Defekt ten dotyczy tylko przypadku gdy zawór ciśnieniowy jest stosowany w działaniach wymuszonych, np. docisk. Defekt ten nie dotyczy normalnego funkcjonowania w układzie pneumatycznym, np. ograniczanie ciśnienia, zmniejszanie ciśnienia. 2) W przypadku niesterowanego zaworu kulkowego lub zaworu membranowego układ prowadzący jest zwykle tak zaprojektowany, aby jakiegokolwiek przyssanie elementu ruchomego było nieprawdopodobne.
Niezamknięcie lub niedostateczne zamknięcie (w czasie lub przestrzeni) po spadku ciśnienia poniżej wartości zadanej (przyssanie lub ruch powolny elementu ruchomego) (patrz komentarz 1))		
Zmiana wielkości ciśnienia bez zmiany nastawy urządzenia nastawczego	Tak, w zaworach bezpośredniego działania ograniczających ciśnienie oraz w zaworach przełączających ciśnienie, jeśli zastosowane są wypróbowane sprężyny (patrz tablica A.2).	
W proporcjonalnych zaworach ciśnieniowych: zmiana przebiegu regulacji ciśnienia spowodowana niezamierzoną zmianą wartości zadanej (patrz komentarz 1))	Żadne	
Samorzutna zmiana w urządzeniu nastawczym	Tak, w przypadku gdy zapewniono skuteczną ochronę urządzenia nastawczego zgodnie z wymaganiami dotyczącymi danego zastosowania, np. uszczelnienie prowadzące.	–

Tablica B.6 – Zawory ciśnieniowe (ciąg dalszy)

Rozważany defekt	Wykluczenie defektu	Komentarze
Niezamierzone poluzowanie połączenia śrubowego elementu roboczego w urządzeniu nastawczym	Tak, jeśli zastosowano urządzenie skutecznie zabezpieczające przed poluzowaniem połączenia śrubowego.	
Przeciek	Tak, w zaworach gniazdowych, membranowych i rozdzielaczach suwakowych tłoczkowych ze sprężystym uszczelnieniem w normalnych warunkach pracy (patrz komentarz 3) i jeśli zapewniono prawidłowe uzdatnienie oraz filtrację sprężonego powietrza.	3) Normalne warunki pracy są wtedy, gdy przestrzega się warunków pracy określonych przez producenta.
Zmiany strumienia objętości przecieku w trakcie długotrwałego użytkowania	Żadne	–
Pęknięcie korpusu zaworu lub złamanie elementu(-ów) ruchomego(-ych), jak również złamanie/pęknięcie śrub mocujących lub korpusu	Tak, jeśli konstrukcja, zwymiarowanie i instalowanie są zgodne z dobrą praktyką inżynierską.	

B.5.3 Połączenia rurowe, zespoły przewodów giętkich, łączniki rurowe

Tablica B.7 – Połączenia rurowe

Rozważany defekt	Wykluczenie defektu	Komentarze
Pęknięcie i przeciek	Tak, jeśli zwymiarowanie, dobór materiałów i zamocowanie są zgodne z dobrą praktyką inżynierską (patrz komentarz 1)).	1) W przypadku stosowania rur z tworzyw sztucznych konieczne jest uwzględnienie danych producenta, w szczególności w aspekcie wpływu środowiska, np. wpływu ciepła, wpływu czynników chemicznych, wpływu promieniowania. W przypadku stosowania rur stalowych, które nie są pokryte środkiem odpornym na korozję, szczególnie ważne jest zapewnienie wystarczającego osuszenia sprężonego powietrza.
Uszkodzenie się łącznika rurowego (np. oderwanie, przeciek)	Tak, gdy są stosowane łączniki zaciskowe lub rury gwintowane (np. łączniki rurowe stalowe, rury stalowe) oraz jeśli zwymiarowanie, dobór materiałów, wytwarzanie, konfiguracja i zamocowanie są zgodne z dobrą praktyką inżynierską.	–
Zatkanie się	Tak, w połączeniach rurowych obwodów mocy. Tak, w połączeniach rurowych obwodów sterowania i pomiaru, jeśli średnica nominalna ≥ 2 mm.	
Zagięcie rur z tworzyw sztucznych o małej średnicy nominalnej	Tak, jeśli są właściwie zabezpieczone i zainstalowane, z uwzględnieniem odpowiednich danych producenta, np. dotyczących minimalnego promienia zagięcia.	

EN ISO 13849-2:2003

Tablica B.8 – Zespoły przewodów giętkich

Rozważany defekt	Wykluczenie defektu	Komentarze
Pęknięcie, oderwanie w miejscu połączenia z łącznikiem rurowym i przeciek	Tak, jeśli w zespole przewodów giętkich stosuje się przewody giętkie wyprodukowane zgodnie z EN 854 (ISO 4079-1) lub podobne przewody giętkie (patrz komentarz 1)) z odpowiednimi łącznikami rurowymi do przewodów giętkich.	1) Wykluczenia defektu nie rozważa się, jeśli: – skończył się przewidziany okres trwałości; – może pojawić się zmęczenie wzmocnienia konstrukcji, – nie można uniknąć zewnętrznego uszkodzenia.
Zatykanie się (blokowanie)	Tak, w zespołach przewodów giętkich w obwodach mocy. Tak, w zespołach przewodów giętkich w obwodach sterowania i pomiaru, jeśli średnica nominalna ≥ 2 mm.	–

Tablica B.9 – Łączniki rurowe

Rozważany defekt	Wykluczenie defektu	Komentarze
Pęknięcie, urwanie śrub lub zerwanie gwintów	Tak, jeśli zwymiarowanie, dobór materiałów, wytwarzanie, konfiguracja i połączenie z rurociągiem i/lub elementami pneumatycznymi są zgodne z dobrą praktyką inżynierską.	–
Przeciek, utrata hermetyczności	Żadne (patrz komentarz 1))	1) Z powodu zużycia, starzenia, pogorszenia sprężystości itp. nie można wykluczyć defektów w dłuższym przedziale czasu. Wielka nagła utrata hermetyczności nie jest zakładana.
Zatykanie się (blokowanie)	Tak, w obwodach mocy. Tak, w łącznikach rurowych obwodów sterującego i pomiarowego, jeśli średnica nominalna ≥ 2 mm.	–

B.5.4 Przetworniki ciśnienia i przetworniki ciśnienia płynu

Tablica B.10 – Przetworniki ciśnienia i przetworniki ciśnienia płynu

Rozważany defekt	Wykluczenie defektu	Komentarze
Utrata lub zmiana hermetyczności komór ciśnieniowych	Żadne	–
Rozerwanie komór ciśnieniowych oraz urwanie śrub mocujących lub śrub w pokrywie	Tak, jeśli wymiarowanie, dobór materiałów, konfiguracja i zamocowanie są zgodne z dobrą praktyką inżynierską.	

B.5.5 Urządzenia do uzdatniania sprężonego powietrza**Tablica B.11 – Filtry**

Rozważany defekt	Wykluczenie defektu	Komentarze
Zatkanie wkładu filtra	Żadne	
Pęknięcie lub częściowe pęknięcie wkładu filtra	Tak, jeśli wkład filtra jest dostatecznie odporny na ciśnienie.	
Uszkodzenie wskaźnika zabrudzenia lub monitora zabrudzenia	Żadne	
Rozerwanie obudowy filtra lub pęknięcie pokrywy albo elementów łączących	Tak, jeśli wymiarowanie, dobór materiałów, konfiguracja w układzie i mocowanie są zgodne z dobrą praktyką inżynierską.	

Tablica B.12 – Olejarki

Rozważany defekt	Wykluczenie defektu	Komentarze
Zmiana wartości zadanej (objętość oleju na jednostkę czasu) bez przestawienia urządzenia nastawczego	Żadne	–
Samoczynne przestawienie się urządzenia nastawczego	Tak, jeśli stosowane jest skuteczne zabezpieczenie urządzenia nastawczego, dostosowane do danego przypadku.	
Niezamierzone poluzowanie się połączenia śrubowego elementu roboczego w urządzeniu nastawczym	Tak, jeśli stosuje się skuteczne urządzenie pewnie zabezpieczające połączenie śrubowe przed poluzowaniem się.	
Rozerwanie obudowy filtra lub pęknięcie pokrywy albo elementów łączących	Tak, jeśli wymiarowanie, dobór materiałów, konfiguracja w układzie i mocowanie są zgodne z dobrą praktyką inżynierską.	

Tablica B.13 – Tłumik

Rozważany defekt	Wykluczenie defektu	Komentarze
Zablokowanie (zatkanie się) tłumika	Tak, jeśli konstrukcja i budowa tłumika spełnia postanowienia według komentarza 1).	1) Zatykanie się tłumika i/lub wzrost przeciwcisnienia na wylocie powietrza powyżej pewnej wartości krytycznej są nieprawdopodobne, w przypadku gdy średnica tłumika jest odpowiednio duża i konstrukcja tłumika jest dostosowana do warunków pracy.

B.5.6 Akumulatory i zbiorniki ciśnieniowe**Tablica B.14 – Akumulatory i zbiorniki ciśnieniowe**

Rozważany defekt	Wykluczenie defektu	Komentarze
Pęknięcie/rozerwanie się akumulatora/zbiornika ciśnieniowego lub łączników rurowych albo zerwanie gwintów śrub mocujących	Tak, jeśli konstrukcja, dobór wyposażenia i materiałów oraz usytuowanie w układzie są zgodne z dobrą praktyką inżynierską.	–

EN ISO 13849-2:2003

B.5.7 Czujniki**Tablica B.15 – Czujniki**

Rozważany defekt	Wykluczenie defektu	Komentarze
Wadliwy czujnik (patrz komentarz 1))	Żadne	1) W niniejszej tablicy termin czujniki obejmuje także pobranie sygnału, obróbkę i sygnał wyjściowy, w szczególności dotyczący ciśnienia, strumienia objętości, temperatury, itp.
Zmiana wykrywania lub charakterystyk wyjściowych	Żadne	–

B.5.8 Przetwarzanie informacji**Tablica B.16 – Elementy logiczne**

Rozważany defekt	Wykluczenie defektu	Komentarze
Wadliwy element logiczny (np. element I, element LUB, element pamięci logicznej) z powodu np. zmiany czasu włączenia, braku włączenia lub niepełnego włączenia	Odpowiednie defekty i wykluczenia podano w tablicach B.3, B.4 i B.5.	–

Tablica B.17 – Urządzenia opóźniające

Rozważany defekt	Wykluczenie defektu	Komentarze
Wadliwe urządzenie opóźniające, np. pneumatyczne i pneumatyczno-mechaniczne elementy odmierzające czas i zliczające	Tak, w urządzeniach opóźniających bez elementów ruchomych, np. o ustalonej rezystancji, jeśli stosuje się normalne warunki pracy (patrz komentarz 1)) i zapewniono prawidłowe uzdatnianie oraz filtrację sprężonego powietrza.	1) Normalne warunki pracy są wtedy, gdy spełnione są warunki określone przez producenta.
Zmiana wykrywania lub charakterystyk wyjściowych		
Rozerwanie obudowy lub pęknięcie pokrywy lub elementów łączących	Tak, jeśli konstrukcja, zwymiarowanie i instalowanie są zgodne z dobrą praktyką inżynierską	–

Tablica B.18 – Przetworniki

Rozważany defekt	Wykluczenie defektu	Komentarze
Wadliwy przetwornik (patrz komentarz 1))	Tak, w przypadku przetworników bez elementów ruchomych, np. dysza refleksowa, jeśli stosuje się normalne warunki pracy (patrz 1)) oraz zapewniono prawidłowe uzdatnianie i filtrację sprężonego powietrza.	1) Niniejsze postanowienia dotyczą np. przetwarzania sygnału pneumatycznego na elektryczny, wykrywania położenia (przełącznik walcowy, dyszy refleksowej, wzmocnienia sygnałów pneumatycznych.
Zmiana wykrywania lub charakterystyk wyjściowych		2) Normalne warunki pracy są wtedy, gdy są spełnione warunki określone przez producenta.
Pęknięcie obudowy lub pęknięcie pokrywy albo elementów łączących	Tak, jeśli konstrukcja, zwymiarowanie i instalowanie są zgodne z dobrą praktyką inżynierską.	–

Załącznik C (informacyjny)

Narzędzia walidacji układów hydraulicznych

Spis treści

Załącznik C (informacyjny) Narzędzia walidacji układów hydraulicznych.....	31
C.1 Wprowadzenie	31
C.2 Lista podstawowych zasad bezpieczeństwa	31
C.3 Lista wypróbowanych zasad bezpieczeństwa.....	32
C.4 Lista wypróbowanych elementów	33
C.5 Listy defektów i wykluczeń defektów	33
C.5.1 Wprowadzenie	33
C.5.2 Zawory	34
C.5.3 Połączenia rurowe metalowe, zespoły przewodów giętkich i łączniki rurowe	38
C.5.4 Filtry.....	39
C.5.5 Akumulowanie energii	39
C.5.6 Czujniki.....	39

C.1 Wprowadzenie

Gdy układy hydrauliczne są stosowane w połączeniu z innymi technikami, zaleca się także wzięcie pod uwagę podstawowych i wypróbowanych zasad bezpieczeństwa zawartych w odpowiednich tablicach. Gdy elementy hydrauliczne są podłączone/sterowane elektrycznie, zaleca się także wzięcie pod uwagę właściwych list defektów z załącznika D.

UWAGA Mogą mieć zastosowanie określone dyrektywy, np. dotyczące urządzeń ciśnieniowych.

C.2 Lista podstawowych zasad bezpieczeństwa

UWAGA Zaleca się unikanie występowania pęcherzyków powietrznych oraz kawitacji w cieczy hydraulicznej, ponieważ mogą one powodować dodatkowe zagrożenia, np. niezamierzone ruchy.

Tablica C.1 – Podstawowe zasady bezpieczeństwa

Podstawowe zasady bezpieczeństwa	Komentarze
Stosowanie odpowiednich materiałów i metod wytwarzania	Dobór materiałów, metod wytwarzania i obróbki ze względu na np. naprężenia, trwałość, sprężystość, tarcie, zużycie, korozję, temperaturę, płyn hydrauliczny.
Prawidłowe wymiarowanie i kształtowanie	Uwzględnić np. naprężenie, odkształcenie, zmęczenie, chropowatość powierzchni, tolerancje, przywieranie, wytwarzanie.
Właściwy dobór, łączenie, układ, montaż i instalowanie elementów/układu	Przestrzegać wskazówek producenta dotyczących stosowania, np. karty katalogowe, instrukcje dotyczące instalowania, specyfikacje oraz dobre praktyki inżynierskie z podobnych elementów/układów.
Stosowanie zasady odprowadzenia energii	<p>Stan bezpieczny osiąga się poprzez rozładowanie energii ze wszystkich urządzeń, których to dotyczy. Patrz postępowanie podstawowe przy zatrzymywaniu, podane w EN 292-2:1991 (ISO/TR 12100-1:1992), 3.7.1.</p> <p>Energię dostarcza się w celu rozpoczęcia ruchu mechanizmu. Patrz postępowanie podstawowe przy rozruchu, podane w EN 292-2:1991 (ISO/TR 12100-1:1992), 3.7.1.</p> <p>Uwzględnić różne rodzaje działań, np. praca, utrzymanie ruchu.</p> <p>Niniejsza zasada nie powinna być stosowana w specjalnych sytuacjach, np. gdy utrata ciśnienia hydraulicznego stworzy dodatkowe zagrożenie.</p>

Tablica C.1 – Podstawowe zasady bezpieczeństwa (ciąg dalszy)

Podstawowe zasady bezpieczeństwa	Komentarze
Właściwe mocowanie	W przypadku stosowania np. połączeń śrubowych zabezpieczonych przed poluzowaniem się, połączeń klejonych, pierścienia zaciskowego uwzględnić wskazówki producenta dotyczące stosowania. Przeciążenia można uniknąć, stosując odpowiednią technikę obciążania momentem obrotowym.
Ograniczenie ciśnienia	Przykłady to stosowanie zaworu nadmiarowego ciśnieniowego, regulatora ciśnienia/zaworu sterującego ciśnieniem.
Ograniczenie/zmniejszenie prędkości	Przykładem jest ograniczenie prędkości tłoka przez zawór przepływowy lub przepustnicę.
Dostateczne unikanie zanieczyszczenia płynu	Rozważyć filtrację i oddzielanie cząstek stałych oraz wody od płynu. Uwzględnić także wskazanie konieczności obsługi filtra.
Właściwy zakres czasu włączania	Rozważyć np. długość rurociągów, ciśnienie, wydajność wentylacji, siłę, zużycie sprężyny, tarcie, smarowanie, temperaturę, bezwładność podczas przyspieszania i opóźniania, nakładanie się odchylek.
Odporność na warunki środowiskowe	Sprzęt tak zaprojektować, aby mógł pracować we wszystkich oczekiwanych środowiskach i możliwych do przewidzenia warunkach niekorzystnych, np. temperatura, wilgotność, drgania, zanieczyszczenia. Patrz rozdział 8; uwzględnić także wskazówki producenta dotyczące stosowania.
Zabezpieczenie przed nieoczekiwanym rozruchem	Rozważyć nieoczekiwany rozruch spowodowany nagromadzoną energią oraz po przywróceniu zasilania przy różnych rodzajach działań, np. praca, utrzymanie ruchu. Może okazać się konieczne użycie specjalnego wyposażenia do rozproszenia zakumulowanej energii. Szczególne zastosowania, np. utrzymywanie energii do uchwytów lub w celu zapewnienia położenia, wymagają oddzielnego rozpatrzenia.
Uproszczenie	Zmniejszać liczbę elementów w systemie związanym z bezpieczeństwem.
Właściwy zakres temperatury	Rozpatrzyć analizując cały system.
Oddzielenie	Oddzielenie funkcji związanych z bezpieczeństwem od innych funkcji.

C.3 Lista wypróbowanych zasad bezpieczeństwa

Tablica C.2 – Wypróbowane zasady bezpieczeństwa

Wypróbowane zasady bezpieczeństwa	Komentarze
Współczynnik przewymiarowania/bezpieczeństwa	Współczynnik bezpieczeństwa jest podany w normach lub wynika z doświadczenia w dziedzinie zastosowań związanych z bezpieczeństwem.
Bezpieczne położenie	Poruszająca się część elementu jest utrzymywana w jednym z możliwych położen środków mechanicznych (samo tarcie nie wystarczy). Do zmiany położenia potrzebna jest siła.
Zwiększona siła wyłączania	Jednym z rozwiązań może być zastosowanie znacznie większego wyróżnika otwarcia przy ruchu suwaka rozdzielacza do położenia bezpiecznego (położenie wyłączenia) niż przy ruchu do położenia włączenia (współczynnik bezpieczeństwa).

Tablica C.2 – Wypróbowane zasady bezpieczeństwa (ciąg dalszy)

Wypróbowane zasady bezpieczeństwa	Komentarze
Zawór zamykany ciśnieniem obciążenia	Przykładami są zawory gniazdowe i zawory wtykowe. Rozważyć, w jaki sposób wykorzystać ciśnienie obciążenia, aby zawór pozostawał zamknięty, nawet gdy złamie się sprężyna zamykająca.
Stosowanie zasady mechanicznie wymuszonego oddziaływania	Mechanicznie wymuszone oddziaływanie stosuje się do poruszania części wewnątrz elementów hydraulicznych, patrz także tablica A.2.
Elementy wielokrotne	Patrz tablica A.2.
Stosowanie wypróbowanych sprężyn	Patrz tablica A.2.
Ograniczenie/zmniejszenie prędkości spowodowane oporem na drodze danego przepływu	Przykładami są: stosowanie otworu o stałej wielkości i ustalonej przepustnicy.
Ograniczenie/zmniejszenie siły	Można to osiągnąć poprzez zastosowanie wypróbowanego zaworu nadmiarowego ciśnieniowego, właściwie zwymiarowanego i dobranego, który jest np. wyposażony w wypróbowaną sprężynę.
Właściwy zakres warunków pracy	Zaleca się rozważenie ograniczenia warunków pracy, np. zakresu ciśnienia, strumienia objętości i zakresu temperatury.
Monitorowanie stanu płynu	Rozpatrzyć wysoki stopień filtracji i oddzielanie cząstek stałych i wody od płynu. Rozpatrzyć także chemiczny/fizyczny stan płynu. Uwzględnić wskazanie konieczności obsługi filtru.
Dostateczne przekrycie dodatnie w zaworach tłoczkowych	Przekrycie dodatnie zapewnia funkcję zatrzymania i zapobiega ruchom niedozwolonym.
Ograniczona histereza	Na przykład zwiększone tarcie powoduje zwiększenie histerezy. Nakładanie się odchyłek także wpływa na histerezę.

C.4 Lista wypróbowanych elementów

W chwili obecnej nie ma listy wypróbowanych elementów. Status wypróbowanego elementu zależy od zastosowania. Elementy można określić jako wypróbowane, jeśli są zgodne z opisem podanym w EN 954-1:1996 (ISO 13849-1:1999), 6.2.2 i EN 982:1996, rozdziały od 5 do 7.

Element wypróbowany w niektórych zastosowaniach może być niewłaściwy w innych zastosowaniach.

C.5 Listy defektów i wykluczeń defektów

C.5.1 Wprowadzenie

Na listach podano pewne wykluczenia defektów, łącznie z ich racjonalnymi przesłankami. Odnośnie do dalszych wykluczeń, patrz. 3.3.

Ścisłe określony moment, w którym pojawia się defekt, może być krytyczny (patrz 7.1).

EN ISO 13849-2:2003

C.5.2 Zawory

Tablica C.3 – Rozdzielacze

Rozważany defekt	Wykluczenie defektu	Komentarze
Zmiana czasów przełączania	<p>Tak, w przypadku mechanicznie wymuszonych oddziaływań (patrz tablica A.2) elementów ruchomych, dopóki siła pobudzająca jest wystarczająco duża, lub</p> <p>Tak, w aspekcie nieotwarcia się specjalnego rodzaju gniazdowego zaworu wtykowego, w przypadku zastosowania go co najmniej z jeszcze jednym innym zaworem do sterowania przepływem głównym płynu (patrz komentarz 1)).</p>	<p>1) Specjalny rodzaj gniazdowego zaworu wtykowego występuje wtedy, gdy:</p> <ul style="list-style-type: none"> – aktywny obszar powiązany z inicjacją przełączania związanego z bezpieczeństwem stanowi co najmniej 90 % całkowitego skoku elementu ruchomego (grzybka) i – skuteczne ciśnienie sterujące w obszarze aktywnym może zostać zwiększone do wartości maksymalnego ciśnienia pracy (zgodnie z EN 982:1996, 3.5) równoległe z pracą rozpatrywanego zaworu gniazdowego, i
Nieprzełączanie się (przyssanie w położeniu końcowym lub zerowym) lub niecałkowite przełączenie (przyssanie w przypadkowym położeniu pośrednim)	<p>Tak, w przypadku mechanicznie wymuszonych oddziaływań (patrz tablica A.2) elementów ruchomych, dopóki siła pobudzająca jest wystarczająco duża, lub</p> <p>Tak, w aspekcie nieotwarcia się specjalnego rodzaju gniazdowego zaworu wtykowego, w przypadku zastosowania go co najmniej z jeszcze jednym innym zaworem do sterowania przepływem głównym płynu (patrz komentarz 1)).</p>	<ul style="list-style-type: none"> – skuteczne ciśnienie sterujące w obszarze aktywnym znajdującym się naprzeciw obszaru aktywnego elementu ruchomego jest rozładowywane do bardzo niskiej wartości w porównaniu z maksymalnym ciśnieniem pracy, np. ciśnieniem powrotnym w zaworach do szybkiego rozładowania ciśnienie lub ciśnieniem zasilania w zaworach ssawnych/napełniania, i – element ruchomy (grzybek) zaopatrzone jest w obwodowe rowki odciążenia oraz – zawór(-y) pilotowy(-e) zaworu gniazdowego jest (są) zaprojektowany(-e) z tym zaworem w bloku wielofunkcyjnym (bez zespołu przewodów giętkich i rur łączących te zawory).
Samorzutna zmiana początkowego położenia przełączania (bez sygnału wejściowego)	<p>Tak, w przypadku mechanicznie wymuszonych oddziaływań (patrz tablica A.2) elementów ruchomych, dopóki siła pobudzająca jest wystarczająco duża, lub</p> <p>Tak, jeśli stosuje się wypróbowane sprężyny (patrz tablica A2) oraz jeśli są normalne warunki zainstalowania i pracy (patrz komentarz 2)), lub</p> <p>Tak, w aspekcie nieotwarcia się specjalnego rodzaju gniazdowego zaworu wtykowego, w przypadku zastosowania go co najmniej z jeszcze jednym innym zaworem do sterowania przepływem głównym płynu (patrz komentarz 1)) i jeśli są normalne warunki zainstalowania i pracy (patrz komentarz 2)).</p>	<p>2) Normalne warunki zainstalowania i pracy są wtedy, gdy:</p> <ul style="list-style-type: none"> – przestrzega się warunków określonych przez producenta i – ciężar elementów ruchomych nie wpływa niekorzystnie na poziom bezpieczeństwa (np. są zainstalowane poziomo), i – żadne specjalne siły bezwładności nie działają na elementy ruchome (np. w kierunku ruchu uwzględniono kierunek ustawienia ruchomych części maszyny) oraz – nie występują ekstremalne drgania i naprężenia udarowe.

Tablica C.3 – Rozdzielacze (ciąg dalszy)

Rozważany defekt	Wykluczenie defektu	Komentarze
Przeciek	Tak, w przypadku zaworów gniazdowych, jeśli są normalne warunki zainstalowania i pracy (patrz komentarz 3)) i zapewniono prawidłowy system filtracji.	3) Normalne warunki zainstalowania i pracy są wtedy, gdy przestrzega się warunków określonych przez producenta.
Zmiany strumienia objętości przecieku w trakcie długotrwałego użytkowania	Żadne	–
Pęknięcie korpusu zaworu lub złamanie elementu(-ów) ruchomego(-ych), jak również złamanie/pęknięcie śrub mocujących lub korpusu	Tak, jeśli konstrukcja, zwymiarowanie i instalowanie są zgodne z dobrą praktyką inżynierską.	
W serwowzorach i zaworach proporcjonalnych: defekty hydrauliczne, które powodują niekontrolowane zachowanie	Tak, w przypadku serwowzorów i rozdzielaczy proporcjonalnych, jeśli można je ocenić w aspekcie bezpieczeństwa technicznego, tak jak rozdzielaczy konwencjonalnych, z uwzględnieniem ich konstrukcji i budowy.	
UWAGA Jeśli funkcje sterowania są realizowane przez kilka zaworów o pojedynczych funkcjach, to zaleca się przeprowadzenie analizy każdego zaworu. Zaleca się przeprowadzenie takiej samej procedury w przypadku zaworów sterowanych pośrednio.		

Tablica C.4 – Zawory odcinające/zawory zwrotne/zawory logiczne „albo” itd.

Rozważany defekt	Wykluczenie defektu	Komentarze
Zmiana czasów przełączania	Żadne	–
Nieotwarcie się, niepełne otwarcie, niezamknięcie się lub niepełne zamknięcie (przyssanie w położeniu końcowym lub dowolnym pośrednim położeniu)	Tak, jeśli układ prowadzący element(-y) ruchomy(-e) jest zaprojektowany podobnie jak układ w niesterowanym zaworze kulowym bez układu tłumienia (patrz komentarz 1)) oraz jeśli zastosowano wypróbowane sprężyny (patrz tablica A2).	1) W niesterowanym zaworze kulowym bez układu tłumienia układ prowadzący zwykle jest zaprojektowany w taki sposób, że jakiegokolwiek przyssanie elementu ruchomego jest nieprawdopodobne.
Samorzutna zmiana początkowego położenia przełączania (bez sygnału wejściowego)	Tak, w normalnych warunkach zainstalowania i pracy (patrz komentarz 2)), jeśli zapewniono wystarczającą siłę zamykającą wynikającą z zastosowanego ciśnienia i powierzchni.	2) Normalne warunki zainstalowania i pracy są wtedy, gdy: <ul style="list-style-type: none"> – przestrzega się warunków określonych przez producenta i – żadne specjalne siły bezwładności nie działają na elementy ruchome (np. w kierunku ruchu uwzględniono kierunek ustawienia ruchomych części maszyny) oraz – nie występują ekstremalne drgania i naprężenia udarowe.
W samoczynnych zaworach logicznych „albo”: jednocześnie zamknięcie obydwu łączników wejściowych	Tak, jeśli na podstawie konstrukcji i budowy można stwierdzić, że jednocześnie zamknięcie jest nieprawdopodobne.	–
Przeciek	Tak, jeśli są normalne warunki pracy (patrz komentarz 3)) i zapewniono odpowiedni system filtracji.	3) Normalne warunki pracy są wtedy, gdy są przestrzegane warunki określone przez producenta.
Zmiany strumienia objętościowego przecieku w trakcie długotrwałego użytkowania	Żadne	–
Pęknięcie korpusu zaworu lub złamanie elementu(-ów) ruchomego(-ych), jak również złamanie/pęknięcie śrub mocowania lub korpusu	Tak, jeśli konstrukcja, zwymiarowanie i instalowanie są zgodne z dobrą praktyką inżynierską.	

Tablica C.5 – Zawory przepływowe

Rozważany defekt	Wykluczenie defektu	Komentarze
Zmiana strumienia objętości bez jakiegokolwiek zmiany nastawy urządzenia nastawczego	Tak, w zaworach regulacyjnych bez elementów ruchomych (patrz komentarz 1)), np. zaworach dławiących, jeśli zastosowano normalne warunki pracy (patrz komentarz 2)) i zapewniono prawidłowy system filtracji.	1) Urządzenia nastawczego nie uważa się za element ruchomy. Zmiany w strumieniu objętości spowodowane różnicami ciśnienia są w tym rodzaju zaworów fizycznie ograniczone i niniejsze założenia dotyczące defektu ich nie dotyczą.
Zmiana strumienia objętości w przypadku nienastawnych, okrągłych otworów i dysz	Tak, jeśli średnica $\geq 0,8$ mm, są normalne warunki pracy (patrz komentarz 2)) i zapewniono prawidłowy system filtracji.	3) Normalne warunki pracy są wtedy, gdy przestrzega się warunków określonych przez producenta. 4) Gdy zawór zwrotny jest zintegrowany z zaworem przepływowym, a ponadto gdy przestrzegane są założenia dotyczące defektu w zaworze zwrotnym.
W proporcjonalnych zaworach przepływu: zmiana strumienia objętości spowodowana niezamierzoną zmianą wartości nastawionej	Żadne	–
Samorzutna zmiana nastawy urządzenia nastawczego	Tak, gdy istnieje skuteczne zabezpieczenie urządzenia nastawczego dostosowane do danego szczególnego przypadku, działające według technicznej specyfikacji bezpieczeństwa.	
Niezamierzone poluzowanie się (odkręcenie śrub) elementu(-ów) pracującego(-ych) w urządzeniu nastawczym	Tak, jeśli stosuje się skuteczne urządzenie zabezpieczające przed poluzowaniem się (odkręceniem się śrub).	
Pęknięcie korpusu zaworu lub złamanie elementu(-ów) ruchomego(-ych), jak również złamanie/pęknięcie śrub mocujących lub śrub korpusu	Tak, jeśli konstrukcja, wymiarowanie i instalacja zgodne są z dobrą praktyką inżynierską.	

Tablica C.6 – Zawory ciśnieniowe

Rozważany defekt	Wykluczenie defektu	Komentarze
Nieotwarcie lub niedostateczne otwarcie (w czasie lub przestrzeni) po przekroczeniu zadanego ciśnienia (przyssanie lub powolny ruch elementu ruchomego) (patrz komentarz 1))	Tak, w aspekcie nieotwarcia się specjalnego rodzaju gniazdowego zaworu wtykowego, w przypadku zastosowania go co najmniej z jeszcze jednym innym zaworem do sterowania przepływem głównym płynu (patrz komentarz 1) w tablicy C.3), lub	<p>1) Defekt ten dotyczy tylko sytuacji, gdy zawór(-y) ciśnieniowy(-e) jest (są) stosowany(-e) w działaniach wymuszonych, np. docisk, i do sterowania ruchem niebezpiecznym, np. ruch podwieszonych ładunków, obciążeń. Defekt ten nie dotyczy normalnego działania w układzie hydraulicznym, np. ograniczanie ciśnienia, zmniejszanie ciśnienia.</p> <p>2) W niesterowanym zaworze kulkowym bez urządzenia tłumiącego, układ prowadzący jest zwykle tak zaprojektowany, aby jakiegokolwiek przyssanie elementu ruchomego było nieprawdopodobne.</p>
Niezamknięcie lub niedostateczne zamknięcie (w czasie lub przestrzeni) po spadku ciśnienia poniżej wartości zadanej (przyssanie lub ruch powolny elementu ruchomego) (patrz komentarz 1))	Tak, jeśli układ prowadzący element(-y) ruchomy(-e) jest podobny do układu w niesterowanym zaworze kulkowym bez układu tłumienia (patrz komentarz 1)) oraz jeśli zastosowano wypróbowane sprężyny (patrz tablica A2).	
Zmiana wielkości ciśnienia sterowania bez zmiany nastawy urządzenia nastawczego (patrz komentarz 1))	Tak, w zaworach nadmiarowych ciśnieniowych wzbudzanych bezpośrednio, jeśli są zastosowane wypróbowane sprężyny (patrz tablica A.2).	
W proporcjonalnych zaworach ciśnieniowych: zmiana sposobu sterowania ciśnieniem spowodowana niezamierzoną zmianą wartości zadanej (patrz komentarz 1))	Żadne	
Samorzutna zmiana w urządzeniu nastawczym	Tak, gdy zapewniono skuteczną ochronę urządzenia nastawczego zgodnie z wymaganiami danego zastosowania w aspekcie technicznych specyfikacji dotyczących bezpieczeństwa (np. uszczelnienie prowadzące).	–
Niezamierzone poluzowanie się połączeń śrubowych elementu roboczego w urządzeniu nastawczym	Tak, jeśli zastosowano urządzenie skutecznie zabezpieczające przed poluzowaniem połączenia śrubowego.	
Przeciek	Tak, w zaworach gniazdowych, jeśli są normalne warunki pracy (patrz komentarz 3) i jeśli zapewniono odpowiedni system filtracji.	3) Normalne warunki pracy są wtedy, gdy przestrzega się warunków pracy określonych przez producenta.
Zmiany strumienia objętości przecieku w trakcie długotrwałego użytkowania	Żadne	–
Pęknięcie korpusu zaworu lub złamanie elementu(-ów) ruchomego(-ych), jak również złamanie/pęknięcie śrub mocowania lub korpusu	Tak, jeśli konstrukcja, zwymiarowanie i instalowanie są zgodne z dobrą praktyką inżynierską.	

C.5.3 Połączenia rurowe metalowe, zespoły przewodów giętkich i łączniki rurowe**Tablica C.7 – Połączenia rurowe metalowe**

Rozważany defekt	Wykluczenie defektu	Uwagi
Pęknięcie i przeciek	Tak, jeśli zwymiarowanie, dobór materiałów i zamocowanie są zgodne z dobrą praktyką inżynierską.	–
Uszkodzenie złącza (np. oderwanie, przeciek)	Tak, gdy są stosowane spawane łączniki rurowe lub spawane kołnierze albo łączniki rurowe gwintowane z rurą rozwalcowaną i jeśli zwymiarowanie, dobór materiałów, wytwarzanie, konfiguracja i mocowanie zgodne są z dobrą praktyką inżynierską.	–
Zatykanie się (blokowanie)	Tak, w połączeniach rurowych w obwodach mocy. Tak, w połączeniach rurowych w obwodach sterowania i pomiarowych, jeśli średnica nominalna ≥ 3 mm.	

Tablica C.8 – Zespoły przewodów giętkich

Rozważany defekt	Wykluczenie defektu	Komentarze
Pęknięcie, oderwanie w miejscu połączenia z łącznikiem rurowym i przeciek	Żadne	–
Zatykanie się (blokowanie)	Tak, w zespołach przewodów giętkich w obwodach mocy. Tak, w zespołach przewodów giętkich w obwodach sterowania i pomiaru, jeśli średnica nominalna ≥ 3 mm.	

Tablica C.9 – Łączniki rurowe

Rozważany defekt	Wykluczenie defektu	Komentarze
Pęknięcie, złamanie śrub lub zerwanie gwintów	Tak, jeśli zwymiarowanie, dobór materiałów, wytwarzanie, konfiguracja i połączenie z rurociągiem i/lub elementami hydraulicznymi są zgodne z dobrą praktyką inżynierską.	–
Przeciek, utrata szczelności	Żadne (patrz komentarz 1))	1) Z powodu zużycia, starzenia, pogorszenia sprężystości itp. nie można wykluczyć defektów w dłuższym przedziale czasu. Wielka nagła utrata szczelności nie jest rozważana.
Zatykanie się (blokowanie)	Tak, w zastosowaniach w obwodach mocy. Tak, w łącznikach rurowych w obwodach sterujących i pomiarowych, jeśli średnica nominalna ≥ 3 mm.	–

C.5.4 Filtry

Tablica C.10 – Filtry

Rozważany defekt	Wykluczenie defektu	Komentarze
Zatkanie wkładu filtra	Żadne	–
Pęknięcie wkładu filtra	Tak, jeśli wkład filtra jest dostatecznie odporny na ciśnienie lub jeśli zastosowano skuteczny zawór obejściowy albo zapewniono skuteczne monitorowanie zanieczyszczeń.	
Uszkodzenie zaworu obejściowego	Tak, jeśli układ prowadzący zaworu obejściowego zaprojektowano podobnie jak niesterowanego zaworu kulowego bez urządzenia tłumiącego (patrz tablica C.4) i jeśli zastosowano wypróbowane sprężyny (patrz tablica A.2).	
Uszkodzenie wskaźnika zabrudzenia lub monitora zabrudzenia	Żadne	
Pęknięcie obudowy filtra lub pęknięcie pokrywy albo elementów łączących	Tak, jeśli zwymiarowanie, dobór materiałów, konfiguracja w układzie i mocowanie są zgodne z dobrą praktyką inżynierską.	

C.5.5 Akumulowanie energii

Tablica C.11 – Akumulowanie energii

Rozważany defekt	Wykluczenie defektu	Komentarze
Pęknięcie/rozerwanie zbiornika magazynującego energię lub elementów łączących albo śrub pokrywy, jak również zerwanie gwintów	Tak, jeśli konstrukcja, dobór wyposażenia, dobór materiałów i konfiguracja w układzie zgodne są z dobrą praktyką inżynierską.	–
Przeciek w elemencie oddzielającym gaz i ciecz hydrauliczną	Żadne	
Uszkodzenie/pęknięcie elementu oddziałającego gaz od płynu roboczego	Tak, w przypadku akumulowania z zastosowaniem cylindra/tłoka (patrz komentarz 1)).	1) Nie bierze się pod uwagę nagłego wielkiego przecieku.
Uszkodzenie zaworu napełniania po stronie gazu	Tak, jeśli zawór napełniania zainstalowany jest zgodnie z dobrą praktyką inżynierską i jeśli zapewniono właściwą ochronę przed wpływami czynników zewnętrznych.	–

C.5.6 Czujniki

Tablica C.12 – Czujniki

Rozważany defekt	Wykluczenie defektu	Komentarze
Wadliwy czujnik (patrz komentarz 1))	Żadne	1) W niniejszej tablicy termin czujniki obejmuje także wychwycenie sygnału, obróbkę i sygnał wyjściowy, w szczególności ciśnienia, strumienia objętości lub masy, temperatury itp.
Zmiana wykrywania lub charakterystyk wyjściowych	Żadne	–

Załącznik D (informacyjny)

Narzędzia walidacji układów elektrycznych

Spis treści

Załącznik D (informacyjny) Narzędzia walidacji układów elektrycznych	40
D.1 Wprowadzenie.....	40
D.2 Lista podstawowych zasad bezpieczeństwa	40
D.3 Lista wypróbowanych zasad bezpieczeństwa	41
D.4 Lista wypróbowanych elementów.....	42
D.5 Listy defektów i wykluczeń defektów	44
D.5.1 Wprowadzenie.....	44
D.5.2 Przewody i złącza	44
D.5.3 Łączniki.....	46
D.5.4 Elektryczne elementy dyskretne	48
D.5.5 Elementy elektroniczne	49

D.1 Wprowadzenie

Gdy układy elektryczne są stosowane w połączeniu z innymi technikami, zaleca się także wzięcie pod uwagę treści odpowiednich tablic zawierających podstawowe i wypróbowane zasady bezpieczeństwa.

UWAGA 1 Elementy elektroniczne nie mogą być uważane za wypróbowane.

UWAGA 2 Warunków środowiskowych określonych w EN 60204-1 (IEC 60204-1) nie stosuje się w procesie walidacji, jeśli określone są inne warunki środowiskowe.

D.2 Lista podstawowych zasad bezpieczeństwa

Tablica D.1 – Podstawowe zasady bezpieczeństwa

Podstawowe zasady bezpieczeństwa	Komentarze
Stosowanie odpowiednich materiałów i metod wytwarzania	Dobór materiałów, metod wytwarzania i obróbki ze względu na np. naprężenia, trwałość, sprężystość, tarcie, zużycie, korozję, przewodność właściwą, sztywność dielektryczną.
Prawidłowe wymiarowanie i kształtowanie	Uwzględnić np. naprężenie, odkształcenie, zmęczenie, chropowatość powierzchni, tolerancje, przywieranie, wytwarzanie.
Właściwy dobór, łączenie, układ, montaż i instalowanie elementów/układu	Przestrzegać wskazówek producenta dotyczących stosowania, np. karty katalogowe, instrukcje dotyczące instalowania, specyfikacje, oraz stosować dobrą praktykę inżynierską.
Właściwe połączenie ochronne	Jedna strona obwodu sterowniczego, jeden zacisk cewki roboczej każdego urządzenia działającego z wykorzystaniem elektromagnesu lub jeden zacisk innego urządzenia elektrycznego są przyłączone do układu połączenia ochronnego [pełny tekst – patrz EN 60204-1:1997 (IEC 60204-1:1997), 9.1.4].
Monitorowanie izolacji	Stosować takie urządzenie monitorujące izolację, które albo wskazuje zwarcie doziemne, albo automatycznie przerywa obwód po zwarcu doziemnym [patrz EN 60204-1:1997 (IEC 60204-1:1997), 9.4.3.1].

Tablica D.1 – Podstawowe zasady bezpieczeństwa (ciąg dalszy)

Podstawowe zasady bezpieczeństwa	Komentarze
Stosowanie zasady odłączenia napięcia	<p>Stan bezpieczny osiąga się poprzez odłączenie napięcia od wszystkich właściwych urządzeń, np. poprzez zastosowanie zestyków normalnie zamkniętych (NZ) na wejściu (przyciski, przełączniki położeniowe) i zestyków normalnie otwartych (NO) dla przekaźników [patrz także EN 292-2:1991 (ISO/TR 12100-2:1992), 3.7.1].</p> <p>Istnieją pewne wyjątki od niniejszej zasady, np. gdy utrata zasilania elektrycznego powoduje dodatkowe zagrożenie. Funkcje opóźnienia czasowego mogą okazać się niezbędne do uzyskania bezpiecznego stanu układu [patrz EN 60204-1:1997 (IEC 60204-1:1997), 9.2.2].</p>
Przejęciowe gaszenie łuku	<p>Stosować urządzenie do gaszenia łuku (RC dioda, warystor) równolegle z obciążeniem, ale nie równolegle ze stykami.</p> <p>UWAGA Dioda wydłuża czas wyłączania.</p>
Skrócenie czasu odpowiedzi	Należy minimalizować opóźnienie w odłączaniu napięcia od elementów przełączających.
Kompatybilność	Stosować elementy kompatybilne z używanymi napięciami i prądami.
Odporność na warunki środowiskowe	Sprzęt tak zaprojektować, aby mógł pracować we wszystkich oczekiwanych środowiskach i możliwych do przewidzenia warunkach niekorzystnych, np. temperatura, wilgotność, drgania, oddziaływanie elektromagnetyczne (EMI) (patrz rozdział 8).
Bezpieczne umocowanie urządzeń wejścia	<p>Tak zabezpieczyć urządzenia wejścia, np. przełączniki blokujące, przełączniki położenia, przełączniki ograniczające, przełączniki zbliżeniowe, aby położenie, wzajemne ustawienie i tolerancja przełączania były utrzymywane we wszystkich oczekiwanych warunkach, np. drgania, normalne zużycie, wniknięcie ciał obcych, temperatura.</p> <p>Patrz EN 1088:1995 (ISO 14119:1998), rozdział 5.</p>
Zabezpieczenie przed nieoczekiwanym rozruchem	Zapobiec niespodziewanemu rozruchowi, np. po przywróceniu zasilania [patrz EN 292-2:1991 (ISO/TR 12100-2:1992), 3.7.2, EN 1037 (ISO 14118), EN 60204-1 (IEC 60204-1)].
Zabezpieczenie obwodu sterowania	Zabezpieczyć obwód sterowania zgodnie z EN 60204-1:1997 (IEC 60204-1:1997), 7.2 i 9.1.1.
Sekwencyjne przełączanie w obwodach o stykach szeregowych sygnałów nadmiarowych	W celu uniknięcia uszkodzenia o wspólnej przyczynie w postaci zespawania się obu styków włączanie i wyłączanie nie zachodzą równocześnie, tak aby jeden styk zawsze przełączał bez prądu.

D.3 Lista wypróbowanych zasad bezpieczeństwa

Tablica D.2 – Wypróbowane zasady bezpieczeństwa

Wypróbowane zasady bezpieczeństwa	Komentarze
Styki połączone w sposób wymuszony mechanicznie	Stosować styki połączone w sposób wymuszony mechanicznie, np. do funkcji monitorowania [patrz EN 292-2:1991 (ISO/TR 12100-2:1992) 3.5].
Unikanie defektów w przewodach	<p>Aby uniknąć zwarcia między dwoma sąsiednimi przewodami:</p> <ul style="list-style-type: none"> – stosować kable z ekranem na każdym oddzielnym przewodzie połączonym z układem połączenia ochronnego lub – w kablach płaskich stosować jeden przewód uziemiony pomiędzy każdymi dwoma przewodami sygnałów.

Tablica D.2 – Wypróbowane zasady bezpieczeństwa (ciąg dalszy)

Wypróbowane zasady bezpieczeństwa	Komentarze
Odległość rozdzielająca	Stosować wystarczającą odległość między położeniem zacisków, elementów i okablowania w celu uniknięcia niepożądanych połączeń.
Ograniczanie energii	Stosować kondensatory w celu dostarczania skończonej ilości energii, np. w przekaźnikach czasowych.
Ograniczanie parametrów elektrycznych	Ograniczanie napięcia, prądu, energii lub częstotliwości prowadzi do ograniczenia momentu obrotowego, ograniczenia przemieszczania/czasu z zastosowaniem łącznika podtrzymywanego, zmniejszenia prędkości, aby uniknąć powstania stanu niebezpiecznego.
Brak stanów niezdefiniowanych	Unikać stanów niezdefiniowanych w układzie sterowania. Układ sterowania tak projektować i budować, aby w czasie normalnej pracy oraz we wszystkich przewidywanych warunkach jego stan, np. jego wyjście(-a), był przewidywalny.
Pobudzanie w sposób jednoznacznie wymuszony	Bezpośrednie oddziaływanie jest przenoszone kształtem (a nie poprzez wytrzymałość) bez elementów podatnych, np. sprężyn pomiędzy wzbudnikiem a stykiem [patrz EN 1088:1995 (ISO 14119:1998), 5.1].
Skutki uszkodzenia	Zaleca się, aby, tam gdzie to tylko jest możliwe, urządzenie/obwód ulegały uszkodzeniu w sposób z zachowaniem stanu bezpiecznego lub bezpiecznych warunków.
Uwzględnianie znanego rodzaju uszkodzenia	Zaleca się, aby, tam gdzie to jest praktycznie możliwe, były stosowane elementy lub układy o znanym rodzaju uszkodzeń [patrz EN 292-2:1991 (ISO/TR 12100-2:1992), 3.7.4].
Przewymiarowanie	Nie dociążać elementów stosowanych w obwodach związanych z bezpieczeństwem, np. poprzez: <ul style="list-style-type: none"> – obniżenie prądu przepuszczanego przez styki przełączane do poniżej połowy ich prądu znamionowego, – obniżenie częstotliwości przełączania elementów do poniżej połowy ich wartości znamionowej, – obniżenie liczby całkowitej oczekiwanych przełączeń do wartości dziesięć razy mniejszej niż trwałość elektryczna urządzenia. UWAGA Niedociążenie może zależeć od racjonalnych przesłanek projektowych.
Zmniejszanie do minimum prawdopodobieństwa defektu	Oddzielić funkcje związane z bezpieczeństwem od innych funkcji.
Zachowanie równowagi pomiędzy stopniem skomplikowania i prostotą	Zaleca się zachowanie równowagi pomiędzy: <ul style="list-style-type: none"> – stopniem złożoności w celu zapewnienia lepszego sterowania a – prostotą w celu zapewnienia lepszej niezuszkodzalności.

D.4 Lista wypróbowanych elementów

Elementy wymienione w tablicy D.3 można określić jako wypróbowane, jeśli są zgodne z opisem podanym w EN 954-1:1996 (ISO 13849-1:1999), 6.2.2. Ich przydatność i nieuszkodzalność w poszczególnych zastosowaniach można wykazać stosując normy podane w tablicy.

Element wypróbowany w niektórych zastosowaniach może być niewłaściwy w innych zastosowaniach.

Tablica D.3 – Elementy wypróbowane

Elementy wypróbowane	Warunki dodatkowe dotyczące elementów wypróbowanych	Norma lub specyfikacja
Łączniki sterownicze o otwieraniu skutecznym/ (bezpośrednie otwarcie), np.: – przycisk; – łącznik położeniowy; – przełącznik wybierakowy krzywkowy, np. do wybierania rodzaju pracy.	–	EN 60947-5-1:1997 (IEC 60947-5-1:1997), załącznik K
Urządzenie do zatrzymania awaryjnego	–	EN 418 (ISO 13850)
Bezpiecznik topikowy	–	EN 60269-1 (IEC 60269-1)
Wyłącznik automatyczny	–	EN 60247-2 (IEC 60247-2)
Wyłącznik różnicowy/ RCD (wykrywanie prądu resztkowego)	–	EN 60947-2:1996 (IEC 60947-2:1995), załącznik B
Stycznik główny	Wypróbowany tylko wtedy, gdy: a) bierze się pod uwagę inne oddziaływania, np. drgania, b) uszkodzenia są wyeliminowane poprzez zastosowanie odpowiednich metod np. przewymiarowania (patrz tablica D.2), c) prąd obciążenia jest ograniczony poprzez zastosowanie termicznych urządzeń ochronnych oraz obwody są zabezpieczone przed przeciążeniem poprzez zastosowanie urządzeń ochronnych.	EN 60247-4-1 (IEC 60247-4-1)
Sterujące i ochronne urządzenie lub wyposażenie przełączające (CPS)	–	EN 60247-6-2 (IEC 60247-6-2)
Stycznik pomocniczy (np. przekaźnik stycznikowy)	Wypróbowany tylko wtedy, gdy: a) wzięto pod uwagę inne oddziaływania, np. drgania, i b) praca jest jednoznacznie wzbudzana, c) uszkodzenia są wyeliminowane poprzez zastosowanie odpowiednich metod, np. przewymiarowania (patrz tablica D.2) oraz d) prąd zestyków jest ograniczony bezpiecznikiem lub wyłącznikiem automatycznym, aby wyeliminować możliwość zespawania się styków, i e) styki są prowadzone w sposób wymuszony mechanicznie, jeśli są stosowane do monitorowania.	EN 50205 EN 60204-1:1997 (IEC 60204-1:1997), 5.3.2 i 9.3.3 EN 60947-5-1 (IEC 60947-5-1)
Transformator	–	IEC 60742
Kabel	Zaleca się, aby okablowanie znajdujące się na zewnątrz obudowy było zabezpieczone przed zniszczeniem mechanicznym (również w wyniku np. drgań bądź zginania).	EN 60204-1:1997 (IEC 60204-1:1997), rozdział 13.

Tablica D.3 – Elementy wypróbowane (ciąg dalszy)

Elementy wypróbowane	Warunki dodatkowe dotyczące elementów wypróbowanych	Norma lub specyfikacja
Łącznik wtykowy	–	Zgodnie z normą elektryczną właściwą do danego zastosowania. Blokady, patrz EN 1088 (ISO 14119)
Przełącznik temperaturowy	–	W przypadku części elektrycznej, patrz EN 60947-5-1:1997 (IEC 60947-5-1:1997), załącznik K
Przełącznik ciśnieniowy	–	Odnosnie do części elektrycznej, patrz EN 60947-5-1:1997 (IEC 60947-5-1:1997) załącznik K. W przypadku części ciśnieniowej, patrz załączniki B i C
Zawór elektromagnetyczny	–	Nie ma żadnej normy europejskiej lub międzynarodowej

D.5 Listy defektów i wykluczeń defektów

D.5.1 Wprowadzenie

Na listach podano pewne wykluczenia defektów, łącznie z ich racjonalnymi przesłankami. Odnosnie do dalszych wykluczeń, patrz. 3.3.

Ściśle określony moment, w którym pojawia się defekt, może być krytyczny (patrz 7.1).

D.5.2 Przewody i łącza

Tablica D.4 – Przewody/kable

Defekt rozważany	Wykluczenie defektu	Komentarze
Zwarcie pomiędzy dwoma dowolnymi przewodami	Zwarcia pomiędzy przewodami: <ul style="list-style-type: none"> – połączonymi na stałe (umocowanymi) i zabezpieczonymi przed zniszczeniami zewnętrznymi, na przykład poprzez prowadnice kablowe, opancerzenie kabli, lub – będącymi oddzielnymi wielożyłowymi kablami albo – znajdującymi się wewnątrz obudowy elektrycznej (patrz komentarz 1)), lub – z których każdy ma ekran połączony z uziemieniem. 	1) Pod warunkiem że zarówno przewody, jak i obudowa spełniają odpowiednie wymagania [patrz EN 60204-1 (IEC 60204-1)].
Zwarcie pomiędzy dowolnym przewodem a dostępną częścią przewodzącą lub zwarcie doziemne albo z przewodem połączenia ochronnego	Zwarcia pomiędzy przewodem a dostępną częścią przewodzącą wewnątrz obudowy elektrycznej (patrz komentarz 1)).	
Przerwa w dowolnym przewodzie	Żadne	–

Tablica D.5 – Płyty obwodów drukowanych/zespoły

Defekt rozważany	Wykluczenie defektu	Komentarze
Zwarcie pomiędzy dwiema sąsiednimi ścieżkami/warstwami	Zwarcie pomiędzy sąsiednimi przewodami, zgodnie z komentarzami od 1) do 3).	<p>1) Materiał podłoża użyty zgodnie z IEC 60249-2, a odstępy izolacyjne powietrzne i powierzchniowe mają wymiary nie mniejsze niż określone w IEC 60664-1 co najmniej dla stopnia zanieczyszczenia 2 i instalacji kategorii III.</p> <p>2) Drukowana(-e) strona(-y) płyty montażowej jest(są) pokryta(-e) bezbarwnym lakierem odpornym na starzenie lub warstwą ochronną pokrywającą wszystkie ścieżki przewodzące zgodnie z IEC 60664-3.</p> <p>3) Zaleca się, aby wszystkie obudowy elementów układu sterowania związanych z bezpieczeństwem, łącznie z elementami zamocowanymi w oddaleniu, miały stopień ochrony co najmniej IP 54 [patrz EN 60529 (IEC 60529)], gdy są zamontowane zgodnie ze specyfikacją.</p>
Przerwa dowolnej ścieżki	Żadne	–

Tablica D.6 – Listwy zaciskowe

Defekt rozważany	Wykluczenie defektu	Komentarze
Zwarcie pomiędzy sąsiednimi zaciskami	Zwarcie pomiędzy sąsiednimi zaciskami zgodnie z uwagami 1) lub 2).	<p>1) Zastosowane zaciski są zgodne z normami CENELEC lub IEC i spełniają wymagania według EN 60204-1:1997 (IEC 60204-1:1997), 14.1.1.</p> <p>2) Sam sposób zaprojektowania zapewnia wyeliminowanie zwarcia, np. poprzez odpowiednie obkurczenia kołki z tworzywa sztucznego na samym złączu.</p>
Przerwanie pojedynczego zacisku	Żadne	–

Tablica D.7 – Złącze wielowtykowe

Defekt rozważany	Wykluczenie defektu	Komentarze
Zwarcie pomiędzy dwoma dowolnymi kołkami wtykowymi	Zwarcie pomiędzy sąsiednimi kołkami wtykowymi zgodnie z komentarzami 1) lub 2).	<p>1) Poprzez zastosowanie tulejek lub innych środków dogodnych do drutów wielożyłowych. Zaleca się, aby odstępy izolacyjne powietrzne i powierzchniowe miały wymiary nie mniejsze niż określone w IEC 60664-1 w przypadku instalacji kategorii III.</p> <p>2) Zaleca się, aby zmontowana płyta była zamocowana w obudowie mającej stopień ochrony nie mniejszy niż IP 54 [patrz EN 60529 (IEC 60529)] i drukowana(-e) strona(-y) była(-y) pokryta(-e) odpornym na starzenie lakierem lub warstwą ochronną pokrywającą wszystkie przewodzące ścieżki zgodnie z IEC 60664-3.</p>

EN ISO 13849-2:2003

Tablica D.7 – Złącze wielowtykowe (ciąg dalszy)

Defekt rozważany	Wykluczenie defektu	Komentarze
Zamienione lub błędnie włożone złącze, gdy nie ma zabezpieczenia mechanicznego	Żadne	–
Zwarcie dowolnego przewodu (patrz uwaga 3)) doziemne lub z częścią przewodzącą przewodu ochronnego	Żadne	3) Rdzeń kabla uważany jest za część złącza wielowtykowego.
Przerwanie pojedynczych kołków wtykowych złącza	Żadne	–

D.5.3 Łączniki

Tablica D.8 – Elektromagnetyczne łączniki położenia, łączniki uruchamiane ręcznie

(np. przyciski, przełącznik resetu, przełącznik typu dip, styki uruchamiane elektromagnetycznie, łączniki kontaktronowe, łączniki ciśnieniowe, łączniki termiczne)

Defekt rozważany	Wykluczenie defektu	Komentarze
Zestyk się nie zwiera	Żadne	–
Zestyk się nie rozwiera	Oczekuje się, że zestyk się rozewrze, zgodnie z EN 60947-5-1:1997 (IEC 60947-5-1:1997), załącznik K.	–
Zwarcie pomiędzy sąsiednimi stykami izolowanymi od siebie	Zgodnie z EN 60947-5-1:1997 (IEC 60947-5-1:1997) należy wykluczyć zwarcie w przełącznikach.	1) Zaleca się, aby części przewodzące, które mogą się obłuzować, nie mogły mostkować izolacji pomiędzy stykami.
Równoczesne zwarcie pomiędzy trzema zaciskami styku przełączającego	Równoczesne zwarcie może być wykluczone w przełącznikach zgodnie z EN 60947-5-1 (IEC 60947-5-1) (patrz komentarz 1)).	
UWAGA Listy defektów i ich aspekty mechaniczne podano w załączniku A.		

Tablica D.9 – Urządzenia elektromechaniczne

(np. przekaźniki, styczniki)

Defekt rozważany	Wykluczenie defektu	Komentarze
Wszystkie styki pozostają w położeniu podłączenia do źródeł energii, gdy cewka jest odłączona od źródeł energii (np. na skutek defektu mechanicznego)	Żadne	–
Wszystkie styki pozostają w położeniu odłączenia od źródeł energii, gdy energia jest dostarczana (np. na skutek defektu mechanicznego, przerwy w obwodzie cewki)	Żadne	
Zestyk się nie rozwiera	Żadne	
Zestyk się nie zwiera	Żadne	

Tablica D.9 – Urządzenia elektromechaniczne (ciąg dalszy)

Defekt rozważany	Wykluczenie defektu	Komentarze
Równoczesne zwarcie pomiędzy trzema zaciskami styku przełączającego	Równoczesne zwarcie może być wykluczone, jeśli spełnione są warunki podane w komentarzach 1) i 2).	1) Odstępy izolacyjne powietrzne i powierzchniowe mają wymiary nie mniejsze niż określone w IEC 60664-1:1992 co najmniej dla stopnia zanieczyszczenia 2 i instalacji kategorii III. 2) Części przewodzące, które mogą się obluźwiać, nie mogą mostkować izolacji między stykami i cewką.
Zwarcie pomiędzy dwoma parami styków i/lub między stykami i zaciskiem cewki	Zwarcie może być wykluczone, jeśli spełnione są warunki podane w komentarzach 1) i 2).	
Równoczesne zamknięcie styków normalnie otwartych i normalnie zamkniętych	Równoczesne zamknięcie styków może być wykluczone jeśli spełniony jest warunek podany w komentarzu 3).	3) Zastosowano styki wzbudzone w sposób skuteczny (lub połączone mechanicznie).

Tablica D.10 – Łączniki zbliżeniowe

Defekt rozważany	Wykluczenie defektu	Komentarze
Utrzymywanie się niskiej rezystancji na wyjściu	Żadne (patrz komentarz 1)).	1) Patrz EN 60947-5-3 (IEC 60947-5-3).
Utrzymywanie się wysokiej rezystancji na wyjściu	Żadne (patrz komentarz 2)).	2) Zaleca się opisanie środków zapobiegających temu defektowi.
Przerwa w zasilaniu	Żadne	–
Niedziałanie przełącznika z powodu uszkodzenia mechanicznego	Niedziałanie z powodu uszkodzenia mechanicznego, jeśli warunek podany w komentarzu 3) jest spełniony.	3) Zaleca się, aby wszystkie elementy przełącznika były dostatecznie dobrze umocowane. Aspekty mechaniczne podano w załączniku A.
Zwarcie między trzema połączeniami w łączniku	Żadne	–

Tablica D.11 – Zawór elektromagnetyczny

Defekt rozważany	Wykluczenie defektu	Komentarze
Nie przekazuje energii	Żadne	—
Nie odłącza źródła energii	Żadne	
UWAGA Listy defektów z uwzględnieniem aspektów mechanicznych zaworów pneumatycznych i hydraulicznych podano odpowiednio w załącznikach B i C.		

D.5.4 Elektryczne elementy dyskretne

Tablica D.12 – Transformatory

Defekt rozważany	Wykluczenie defektu	Komentarze
Przerwa w pojedynczym uzwojeniu	Żadne	–
Zwarcie pomiędzy różnymi uzwojeniami	Zwarcie pomiędzy różnymi uzwojeniami może zostać wykluczone, jeśli są spełnione warunki podane w komentarzu 1).	<p>1) Zaleca się, aby były spełnione wymagania według IEC 60742. Ponadto zaleca się, aby w przypadku napięć znamionowych poniżej 500 V, izolacja spełniała wymagania dotyczące napięcia probierczego prądu przemiennego 2 500 V. Zaleca się wyeliminowanie zwarcia w cewkach i uzwojeniach poprzez odpowiednie kroki, np. przez:</p> <ul style="list-style-type: none"> – taką impregnację cewek, aby wypełnić wszystkie przestrzenie między pojedynczymi cewkami, obudową oraz ich rdzeniem, i – zastosowanie w uzwojeniach przewodów o dobrych parametrach znamionowych z uwzględnieniem izolacji i wysokiej temperatury. <p>2) Zaleca się, aby w przypadku zwarcia wtórnego nie nastąpiło nagrzanie do temperatury powyżej temperatury pracy określonej w specyfikacji.</p>
Zwarcie w pojedynczym uzwojeniu	Zwarcie w pojedynczym uzwojeniu może zostać wykluczone, jeśli są spełnione warunki podane w komentarzu 1).	
Zmiana w efektywnej przekładni zwojowej	Zmiana w efektywnej przekładni zwojowej może zostać wykluczona, jeśli są spełnione warunki podane w komentarzu 1). Patrz także zalecenia w komentarzu 2).	

Tablica D.13 – Dławiki

Defekt rozważany	Wykluczenie defektu	Komentarze
Przerwa	Żadne	–
Zwarcie	Zwarcie można wykluczyć, jeśli spełnione są warunki podane w komentarzu 1).	1) Cewka jest jednowarstwowa, emaliowana lub zamknięta w szczelnej obudowie z osiowymi wyprowadzeniami i z osiowym mocowaniem.
Przypadkowa zmiana wartości $0,5 L_N < L < L_N + \text{tolerancja}$ gdzie L_N oznacza nominalną wartość indukcyjności (patrz komentarz 2)).	Żadne	2) W zależności od rodzaju konstrukcji można rozważać inne zakresy.

Tablica D.14 – Rezystory

Defekt rozważany	Wykluczenie defektu	Komentarze
Przerwa	Żadne	–
Zwarcie	Zwarcie można wykluczyć, jeśli są spełnione warunki podane w komentarzu 1). Nie ma wykluczeń w przypadku montażu powierzchniowego rezystorów.	1) W przypadku rezystorów foliowych albo drutowych z zabezpieczeniem przed odwinieniem drutu w przypadku przerywania, z osiowymi wyprowadzeniami i z osiowym mocowaniem oraz polakierowanych.
Przypadkowa zmiana wartości $0,5 R_N < R < 2 R_N$ gdzie R_N oznacza nominalną wartość rezystancji (patrz komentarz 2)).	Żadne	2) W zależności od rodzaju konstrukcji można rozważać inne zakresy.

Tablica D.15 – Sieci rezystancyjne

Defekt rozważany	Wykluczenie defektu	Komentarze
Przerwa	Żadne	–
Zwarcie pomiędzy dwoma dowolnymi połączeniami	Żadne	
Zwarcie pomiędzy dowolnymi połączeniami	Żadne	
Przypadkowa zmiana wartości $0,5 R_N < R < 2 R_N$ gdzie R_N oznacza nominalną wartość rezystancji (patrz komentarz 1)).	Żadne	1) W zależności od rodzaju konstrukcji można rozważać inne zakresy.

Tablica D.16 – Potencjometry

Defekt rozważany	Wykluczenie defektu	Komentarze
Przerwa w pojedynczym połączeniu	Żadne	–
Zwarcie pomiędzy wszystkimi połączeniami	Żadne	
Zwarcie pomiędzy dowolnymi dwoma połączeniami	Żadne	
Losowa zmiana wartości $0,5 R_p < R < 2 R_p$ gdzie R_p oznacza nominalną wartość rezystancji (patrz komentarz 1)).	Żadne	1) W zależności od rodzaju konstrukcji można rozważać inne zakresy.

Tablica D.17 – Kondensatory

Defekt rozważany	Wykluczenie defektu	Komentarze
Przerwa	Żadne	–
Zwarcie	Żadne	
Losowa zmiana wartości $0,5 C_N < C < C_N$ gdzie C_N oznacza nominalną wartość potencjału (patrz komentarz 1)).	Żadne	1) W zależności od rodzaju konstrukcji można rozważać inne zakresy.
Zmiana wartości $\tan \delta$	Żadne	–

D.5.5 Elementy elektroniczne

Tablica D.18 – Półprzewodniki dyskretne

(np. diody, diody Zenera, tranzystory, triaki, regulatory napięcia, rezonatory kwarcowe, fototranzystory, diody świecące (diody LED))

Defekt rozważany	Wykluczenie defektu	Komentarze
Przerwa w dowolnym połączeniu/złączu	Żadne	–
Zwarcie pomiędzy dwoma dowolnymi połączeniami/złączami	Żadne	
Zwarcie pomiędzy wszystkimi połączeniami/złączami	Żadne	
Zmiana charakterystyk	Żadne	

EN ISO 13849-2:2003

Tablica D.19 – Transoptory

Defekt rozważany	Wykluczenie defektu	Komentarze
Przerwa w pojedynczym połączeniu	Żadne	–
Zwarcie pomiędzy dwoma dowolnymi połączeniami wejściowymi	Żadne	
Zwarcie pomiędzy dwoma dowolnymi połączeniami wyjściowymi	Żadne	
Zwarcie pomiędzy dwoma dowolnymi połączeniami wejścia i wyjścia	Zwarcie pomiędzy wejściem i wyjściem można wykluczyć, jeśli spełnione są warunki podane w komentarzu 1).	1) Zaleca się, aby materiał podłoża był użyty zgodnie z IEC 60249, a odstępy izolacyjne powietrzne i powierzchniowe miały wymiary nie mniejsze niż określone w IEC 60664-1:1992 co najmniej dla stopnia zanieczyszczenia 2 i instalacji kategorii III.

Tablica D.20 – Układy scalone nieprogramowalne

UWAGA 1 W niniejszej normie układy scalone zawierające mniej niż 1 000 bramek i/lub mniej niż 24 nóżki, wzmacniacze operacyjne, rejestry przesuwne i moduły hybrydowe nie są uważane za złożone. Niniejsza definicja jest umowna.

Defekt rozważany	Wykluczenie defektu	Komentarze
Przerwa w dowolnym połączeniu	Żadne	–
Zwarcie pomiędzy dwoma dowolnymi połączeniami	Żadne	
Zablokowanie na skutek defektu (tzn. zwarcie do 0 lub 1 z izolowanym wejściem lub odłączonym wyjściem). Statyczne sygnały „0” i „1” we wszystkich wejściach i wyjściach, zarówno pojedyncze, jak i równoczesne	Żadne	
Niepożądane oscylacje na wyjściu	Żadne	
Zmiana wartości (np. napięcia wejścia/wyjścia w urządzeniach analogowych)	Żadne	

Tablica D.21 – Układy scalone programowalne i/lub złożone

UWAGA 2 W niniejszej normie układ scalony jest uważany za złożony, jeśli zawiera więcej niż 1 000 bramek i/lub więcej niż 24 nóżki. Niniejsza definicja jest umowna. Zaleca się zidentyfikowanie, w wyniku analizy, innych defektów i uwzględnienie ich, jeśli wpływają na realizację funkcji bezpieczeństwa.

Defekt rozważany	Wykluczenie defektu	Komentarze
Defekt całej lub części funkcji, łącznie z defektami oprogramowania	Żadne	–
Przerwa w dowolnym połączeniu	Żadne	
Zwarcie pomiędzy dwoma dowolnymi połączeniami	Żadne	
Zablokowanie na skutek defektu (tzn. Zwarcie do 0 lub 1 z izolowanym wejściem lub odłączonym wyjściem). Statyczne sygnały „0” i „1” we wszystkich wejściach i wyjściach, zarówno pojedynczo, jak i równocześnie	Żadne	
Niepożądane oscylacje na wyjściu	Żadne	
Zmiana wartości, np. napięcia wejścia/wyjścia w urządzeniach analogowych	Żadne	
Niewykryte defekty sprzętu, których nie zauważa się z powodu złożoności układu scalonego	Żadne	

EN ISO 13849-2:2003

Załącznik ZA (informacyjny)

Powiązanie niniejszego dokumentu z dyrektywami WE

Niniejszy dokument został opracowany na podstawie mandatu udzielonego CEN przez Komisję Europejską i Europejskie Stowarzyszenie Wolnego Handlu i wspiera zasadnicze wymagania dyrektywy(-yw) WE:

98/37/WE Bezpieczeństwo Maszyn, zmienionej dyrektywą 98/79/WE.

Zgodność z niniejszym dokumentem jest jednym ze sposobów osiągnięcia zgodności z określonymi zasadniczymi wymaganiami właściwej dyrektywy i związanych z nią przepisów EFTA.

OSTRZEŻENIE: W odniesieniu do wyrobu(-ów) objętego(-ych) zakresem niniejszego dokumentu moga być zastosowane inne wymagania i inne dyrektywy WE.

Bibliografia

- [1] EN 292-2:1991 (ISO/TR 12100-1:1992), *Safety of machinery – Basic concepts, general principles for design – Part 2: Technical principles and specifications.*
- [2] EN 418 (ISO 13850), *Safety of machinery – Emergency stop equipment, functional aspects – Principles for design.*
- [3] EN 854 (ISO 4079-1), *Rubber hoses and hose assemblies – Textile reinforced hydraulic type – Specification.*
- [4] CR 954-100 (ISO 13849-100:2000), *Safety of machinery – Safety-related parts of control systems – Part 100: Guide on the use and application of EN 954-1:1996.*
- [5] EN 982:1996, *Safety of machinery – Safety requirements for fluid power systems and their components – Hydraulics.*
- [6] EN 983:1996, *Safety of machinery – Safety requirements for fluid power systems and their components – Pneumatics.*
- [7] EN 1037:1995 (ISO 14118:2000), *Safety of machinery – Prevention of unexpected start-up.*
- [8] EN 1050:1996 (ISO 14121:1999), *Safety of machinery – Principles for risk assessment.*
- [9] EN 1088:1995 (ISO 14119:1998), *Safety of machinery – Interlocking devices associated with guards – Principles for design and selection.*
- [10] EN 50205:2002, *Relais with forcibly guided (mechanically linked) contacts.*
- [11] EN 60204-1:1997, *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements (IEC 60204-1:1997).*
- [12] EN 60269-1, *Low-voltage fuses – Part 1: General requirements (IEC 60269-1:1998).*
- [13] EN 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP code) (IEC 60529:1989).*
- [14] EN 60947-2:1996, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 2: Circuit-breakers (IEC 60947-2:1995).*
- [15] EN 60947-4-1:2001, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 4-1: Contactors and motor-starters – Electromechanical contactors and motor-starters (IEC 60947-4-1:2000).*
- [16] EN 60947-5-1:1997, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 5-1: Control circuit devices and switching elements – Electromechanical control circuit devices (IEC 60947-5-1:1997).*
- [17] EN 60947-5-3:1999, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 5-3: Control circuit devices and switching elements – Requirements for proximity devices with defined behaviour under fault conditions (PDF) (IEC 60947-5-3:1999).*
- [18] EN 60947-6-2, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 6: Multiple function equipment – Section 2: Control and protective switching devices (or equipment) (CPS) (IEC 60947-6-2:1992).*
- [19] ISO 4960, *Cold-reduced carbon steel strip with a carbon content over 0,25 %.*
- [20] IEC 60249 series, *Base materials for printed circuits.*
- [21] IEC 60664-1:1992, *Insulation co-ordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests.*

EN ISO 13849-2:2003

- [22] IEC 60664-3, *Insulation co-ordination for equipment within low-voltage systems – Part 3: Use of coatings to achieve insulation co-ordination of printed board assemblies.*
- [23] IEC 60742, *Isolating transformers and safety isolating transformers – Requirements.*
- [24] IEC 60812, *Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA).*
- [25] IEC 61025, *Fault tree analysis (FTA).*
- [26] IEC 61508 series, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems.*
- [27] IEC 62061, *Safety of machinery – Functional safety – Electrical, electronic and programmable electronic control systems (standard in preparation).*
- [28] Directive 87/404/EEC, *Council Directive of 25 June 1987 on the harmonisation of the laws of the Member States relating to simple pressure vessels.*
- [29] Directive 90/488/EEC, *Council Directive of 17 September 1990 amending Directive 87/404/EEC on the harmonisation of the laws of the Member States relating to simple pressure vessels (90/488/EEC).*
- [30] Directive 97/23/EC, *Directive 97/23/EC of the European Parliament and of the Council of 29 May 1997 on the approximation of the laws of the Member States concerning pressure equipment.*



ISBN 83-243-8186-4

Polski Komitet Normalizacyjny
ul. Świętokrzyska 14, 00-050 Warszawa
<http://www.pkn.pl>
