

# Zmiany w szóstej edycji EN 60204-1

Leszek Kasprzyczak

## Wprowadzenie

W październiku 2016 r. międzynarodowa organizacja International Electrotechnical Commission opublikowała 6 edycję normy IEC 60204-1 pt. *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements*. W 2018 r. norma ta została opublikowana jako norma europejska EN z modyfikacjami wprowadzonymi przez CENELEC. W grudniu 2018 roku Polski Komitet Normalizacyjny zatwierdził ją jako Polską Normę PN. Norma zawiera dwa załączniki powołujące się na harmonizację z dyrektywą maszynową 2006/42/WE oraz niskonapięciową 2014/35/UE. Harmonizacja norma uzyskała chwilę opublikowania jej w Oficjalnym Dzienniku Urzędowym Unii Europejskiej (OJEU). Ze względu na precyzyjne wymagania i wytyczne w opracowywaniu układów elektrycznych maszyn norma ta cieszy się dużym zainteresowaniem ze strony producentów maszyn i układów sterowania. W artykule omówiono najważniejsze zmiany pomiędzy kolejnymi edycjami normy.

Zakres 6 edycji normy nie zmienił się zasadniczo. Podkreślono jedynie, że norma nie wyszczególnia dodatkowych i specjalnych wymagań dla wyposażenia do produkcji półprzewodników (które są objęte normą IEC 60204-33). Również załącznik C z wykazem przykładowych maszyn objętych normą nie został zmieniony.

W rozdziale dotyczącym terminologii powołano 7 nowych terminów, m.in.:

- **ochrona podstawowa** (*basic protection*) – ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym przy braku uszkodzenia (poprzednio nazywana „ochroną przed dotykiem bezpośrednim”). Podstawową ochroną jest obudowa;
- **ochrona przy uszkodzeniu** (*fault protection*): ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym w warunkach pojedynczego uszkodzenia (poprzednio nazywana „ochroną przed dotykiem pośrednim”, a w normie PN-EN 61439-1:2011 zwana **ochroną przy zakłóceniu**).

Świadomość istnienia ww. terminologii jest istotna zwłaszcza dla osób korzystających z normy w sposób wrywkowy. Ponadto na uwagę zasługuje również termin: **prąd znamionowy zwarcia umowny** (*short-circuit current rating*): wartość prądu zwarcia spodziewanego, która może być wytrzymała przez wyposażenie elektryczne przez całkowity czas działania (czas wyłączenia) zabezpieczenia zwarcia (SCPD) w określonych warunkach. Prąd znamionowy zwarcia umowny wyposażenia elektrycznego wytwórcy powinien podać dla każdego doprowadzonego źródła zasilania w dokumentacji użytkownika.

## Wymagania ogólne

Bardzo istotne zmiany pojawiają się w podpunkcie 4.4.2, dotyczącym wymagań na kompatybilność elektromagnetyczną (EMC). Punkt ten został znacząco zmieniony w stosunku do

poprzedniej edycji normy. Zalecenia dotyczące metod redukcji zaburzeń zostały przeniesione do informacyjnego Załącznika H i znacząco rozszerzone. Komitet IEC opracował w tym zakresie wymagania, które stosowane są szeroko również w innych pokrewnych normach (np. EN 61439), a mianowicie:

*Wyposażenie elektryczne nie powinno wytwarzać zaburzeń elektromagnetycznych przekraczających poziomy odpowiednio do ich przewidywanego środowiska pracy i powinno mieć poziom odporności na zaburzenia elektromagnetyczne taki, aby mogło pracować poprawnie w przewidywanym dla niego środowisku.*



Natomiast szczegółowe wymagania opracowane przez IEC, dotyczące możliwości **wykluczenia badań EMC** pod warunkiem zastosowania urządzeń składowych zgodnych z wymaganiami EMC określonymi w normie wyrobu oraz wykonania okablowania zgodnie z wymaganiami zawartymi w instrukcjach lub w Załączniku H, **zostały wykreślone modyfikacją CENELEC**.

W tej sytuacji powstaje pytanie, w jaki sposób wykazać tę zgodność, skoro zbudowanie układu z części spełniających wymagania EMC i zgodnie z instrukcjami producenta lub z załącznika H nie jest wystarczające. Wydaje się, że jedynym dowodem jest przeprowadzenie kosztownych badań w laboratorium kompatybilności elektromagnetycznej, co jednakże spowoduje znaczący wzrost wydatków na zakup maszyny oraz dodatkowy czas niezbędny na przeprowadzenie badań.

## Zaciski przewodów zasilających oraz urządzenia odłączające i wyłączające

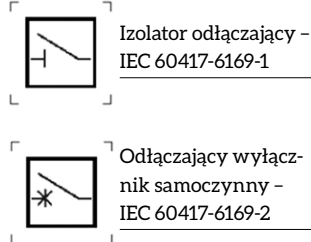
W punkcie 5 pojawiają się również ciekawe nowości. Mianowicie, nie wymaga się już, by **główny zacisk PE** znajdował się w pobliżu zacisków fazowych, a jedynie, by **znajdował się w tej samej komorze**.

W punkcie 5.3.2, dotyczącym rodzajów urządzeń odłączających od zasilania, wymieniono tak jak w poprzedniej edycji 5 rodzajów, a więc: rozłączniki, wyłączniki samoczynne, inne urządzenia łączeniowe spełniające odpowiednie normy IEC oraz zespół gniazdo/wtyczka. Natomiast **odłączniki zostały**



zastąpione przez *control and protective switching devices*, a więc „łączniki sterownicze i zabezpieczeniowe (CPS)” spełniające IEC 60947-6-2.

W punkcie 5.3.4, dotyczącym środków do obsługi urządzenia odłączającego zasilanie, pojawiają się nowe wymagania i symbole dotyczące zastosowania pokrywy lub drzwiczek, które można łatwo otworzyć bez użycia klucza lub narzędzia, jeśli urządzenie odłączające zasilanie nie jest przeznaczone do działań awaryjnych. Taka pokrywa lub drzwiczki powinny wyraźnie wskazywać, że zapewniają dostęp do środków obsługi, np. za pomocą symbolu.



### Ochrona przeciwporażeniowa

W punkcie 6 zastąpiono wymaganie, by *wyposażenie elektryczne było tak zaprojektowane, aby była zapewniona ochrona osób przed porażeniem powodowanym dotykiem bezpośrednim i dotykiem pośrednim*, na wymaganie zgodne z przedstawioną wcześniej nową terminologią, tzn. *należy zapewnić ochronę osób przed porażeniem poprzez ochronę podstawową i ochronę przy uszkodzeniu (zakłóceniu)*.

W przypadku **ochrony za pomocą samoczynnego odłączenia** od zasilania istotne jest zapewnienie ciągłości układu połączenia ochronnego PE, odpowiednio niskiej impedancji pętli zwarciowej Z<sub>s</sub> oraz odpowiednio dobranego zabezpieczenia nadprądowego (wartość i charakterystyka – B, C, D). Aby spełnić te wymagania, warto skorzystać z normatywnego Załącznika A, który został uszczegółowiony w zakresie sieci TN i rozszerzony o sieci TT.

W części dotyczącej sieci TN uszczegółowiono, że **czas odłączenia nieprzekraczający 5 sekund jest zadowalający dla maszyn, które nie są ręczne i nie są przenośne** – zatem najczęstszy przypadek występujący na halach produkcyjnych. W przypadku obwodów zasilających za pośrednictwem zespołów gniazdo/wtyczka lub bezpośrednio z sieci urządzenia ręczne lub przenośne klasy 1 ochronności (np. elektronarzędzia w przewodzących obudowach) norma określa maksymalne czasy odłączenia, które uznaje się za wystarczająco krótkie.

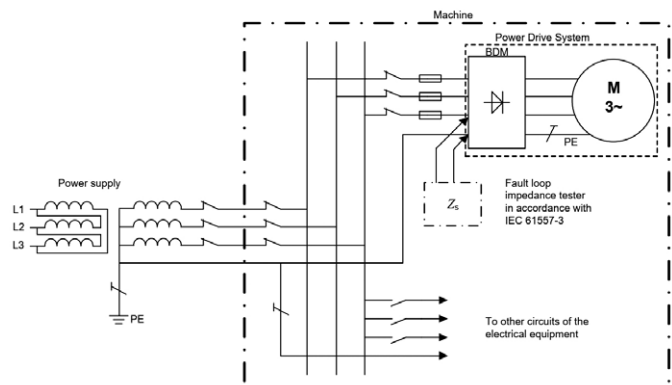
Silnie związanym zagadnieniem z opisaną wyżej kwestią są pomiary ochronne przedstawione w punkcie 18. Norma określa zakres sprawdzeń w następującej kolejności, przy czym

sprawdzenie powinno zawsze zawierać próby a), b), c) i h) oraz może zawierać jedną lub kilka prób od d) do g):

- sprawdzenie zgodności wyposażenia elektrycznego z dokumentacją techniczną;
- sprawdzenie ciągłości układu połączenia ochronnego (Badanie 1 wg 18.2.2);
- w przypadku ochrony przy uszkodzeniu przez odłączenie samoczynne zasilania warunki ochrony przez odłączenie samoczynne należy sprawdzić zgodnie z 18.2;
- sprawdzenie rezystancji izolacji (patrz 18.3);
- próbę wytrzymałości elektrycznej izolacji (patrz 18.4);
- sprawdzenie zabezpieczenia przed napięciami szczytkowymi (patrz 18.5);
- sprawdzenie, czy spełnione są odpowiednie wymagania określone w 8.2.6;
- próby funkcjonalne (patrz 18.6).

W ww. punktach pojawiło się nowe sprawdzenie zawarte w punkcie g) dotyczące połączenia ochronnego w wyposażeniu elektrycznym, którego prąd upływu jest większy niż 10 mA AC lub DC.

Na uwagę zasługuje badanie dotyczące odłączenia samoczynnego z punktu c) w przypadku zastosowania przekształtnika do zasilania silnika. Na rysunku przedstawiono sposób wykonywania pomiaru impedancji pętli zwarciowej. Jak widać, miernik podłączamy w badany obwód przed przekształtnikiem. Na zaciskach silnika nie wykonujemy już pomiaru. Jest to ważna wskazówka, gdyż inne zalecenia podają np. krajowe ośrodki naukowe – aby pomiary wykonywać również na silniku, robiąc zwarcie między wejściem/wyjściem przekształtnika na badanej fazie i przerwy na niebadanych fazach (co wydłuża czas pomiarów i zwiększa objętość raportów).



Maksymalne czasy odłączenia dla sieci TN

50 V < U <sub>0</sub> ≤ 120 V <sub>s</sub>		120 V < U <sub>0</sub> ≤ 230 V <sub>s</sub>		230 V < U <sub>0</sub> ≤ 400 V <sub>s</sub>		U <sub>0</sub> > 400 V <sub>s</sub>	
AC	DC	AC	DC	AC	DC	AC	DC
0,8	Uwaga 1	0,4	5	0,2	0,4	0,1	0,1

U<sub>0</sub> nominalne napięcie prądu przemiennego lub stałego względem ziemi.  
 UWAGA 1. Odłączenie może być wymagane z przyczyn innych niż ochrona przed porażeniem elektrycznym.  
 UWAGA 2. W przypadku napięć mieszczących się w zakresie tolerancji podanych w IEC 60038 obowiązuje czas odłączenia odpowiedni dla napięcia nominalnego.  
 UWAGA 3. W przypadku pośrednich wartości napięcia należy zastosować następną wyższą wartość z tabeli.

### Ochrona wyposażenia

Spśród wprowadzonych zmian na szczególną uwagę zasługuje temat wyłączników różnicowoprądowych, gdyż ich znaczenie wzrosło w 6 edycji normy, co zostało odzwierciedlone już w podpunkcie 7.7, dotyczącym dodatkowych zabezpieczeń przed doziemieniem/prądem upływu. Mianowicie dodano informację o tym, że jeśli możliwe są prądy upływu ze składowymi DC, może być wymagany **wyłącznik RCD typu B** zgodny z IEC 60755. Temat ten został ponownie podniesiony w podpunkcie 15.1, dotyczącym gniazd wtyczkowych do wyposażenia pomocniczego. Dodano w nim wymaganie, aby obwody

zasilające gniazd wtyczkowych o prądzie znamionowym nieprzekraczającym 20 A były **obligatoryjnie wyposażone w zabezpieczenie różnicowoprądowe o znamionowym prądzie nieprzekraczającym 30 mA**. O obligacyjności stosowania wyłączników RCD, świadczy również fakt usunięcia z Załącznika B (dotyczącego ustaleń związanych z wyposażeniem elektrycznym maszyny między dostawcą a inwestorem) opcji o tym, czy maszyna ma być w nie wyposażona, czy nie.



### Połączenia wyrównawcze

W punkcie 8 doprecyzowano, co wchodzi w skład układu połączenia ochronnego, a co należy do niego podłączyć, lecz nie będzie stanowić układu połączenia ochronnego. Wiedza ta jest istotna dla konstruktorów sterownic, pomiarowców wykonujących pomiary ochronne wg wymagań punktu 18 oraz audytorów kontrolujących prawidłowość zastosowanych zabezpieczeń.

### Obwody i funkcje sterowania

W punkcie 9 pojawiło się wiele nowych wymagań oraz dodatkowe podpunkty. Szósta edycja normy zaleca, aby napięcie znamionowe obwodów sterowania AC nie przekraczało:

- 230 V dla obwodów o częstotliwości znamionowej 50 Hz;
- 277 V dla obwodów o częstotliwości znamionowej 60 Hz (tylko to wymaganie było w poprzedniej edycji);
- oraz 220 V w przypadku napięcia stałego DC.

Konsekwentnie norma podaje przykłady właściwych zasilaczy, które powinny być stosowane do zasilania obwodów sterowania. Oprócz transformatorów, nowa edycja podaje również **zasilacze impulsowe** wyposażone w transformatory spełniające właściwe normy IEC.

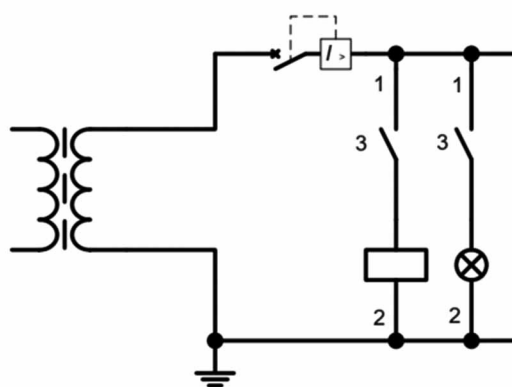
Ponadto norma znacząco rozszerza wymagania dotyczące systemów sterowania bezprzewodowego (CCS – *Cableless Control System*), przy czym europejska modyfikacja CENELEC nakazuje wzięcie pod uwagę niezawodności transmisji, co wiąże się w praktyce z zastosowaniem międzynarodowych standardów w tej dziedzinie.

W podpunkcie 9.4 dodano interesujący akapit w brzmieniu: *Tam, gdzie funkcje wykonywane przez elektryczny system sterowania mają wpływ na bezpieczeństwo, a zastosowanie normy IEC 62061 prowadzi do wymaganej nienaruszalności bezpieczeństwa mniejszej od wymaganej przez SIL 1, to zapewnienie zgodności z wymaganiami IEC 60204-1 może prowadzić do spełnienia wymaganej nienaruszalności przez elektryczne systemy sterowania*, co można zinterpretować, że **samo spełnienie wymagań przedmiotowej normy umożliwi osiągnięcie np. Performance Level „a” i/lub Kategorii B wg EN ISO 13849**.

Bardzo istotne wymagania przedstawiono w podpunkcie 9.4.3 dotyczącym ochrony przed wadliwym działaniem (np. niezamierzone uruchomienie, potencjalnie niebezpieczne ruchy lub uniemożliwienie zatrzymania maszyny) obwodów sterowania w przypadku wystąpienia uszkodzenia izolacji. Podano następujące opcje służące zapobieganiu ww. wadliwym działaniom:

- metoda a) Uziemione obwody sterowania zasilane z transformatorów;
- metoda b) Nieziemione obwody sterowania zasilane z transformatorów;
- metoda c) Obwody sterowania zasilane z transformatora z uziemionym wyprowadzeniem środka uzwojenia;
- metoda d) Obwody sterowania niezasilane przez transformator.

Metoda a), znana już z poprzedniej edycji normy i najszerzej stosowana w układach sterowania spotykanych maszyn, dotyczy podłączenia przewodu wspólnego do układu połączenia ochronnego zgodnie z rysunkiem. Nowa edycja normy dodaje, że **metoda a) może być stosowana również do obwodów sterowania DC**. W takim przypadku transformator jest zastąpiony przez zasilacz prądu stałego.



Metoda a) Uziemiony obwód sterowania zasilany z transformatora  
1 – przewód przełączany; 2 – przewód wspólny; 3 – łączniki sterujące



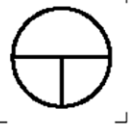
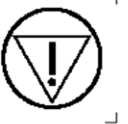
Omówione wymaganie jest również zawarte w Tablicy D.1 dotyczącej **podstawowych zasad bezpieczeństwa** normy EN ISO 13849-2:2012, w następującej formie: *Jedna strona obwodu sterowniczego, jeden zacisk cewki roboczej każdego urządzenia działającego z wykorzystaniem elektromagnesu lub jeden zacisk innego urządzenia elektrycznego są przyłączone do układu połączenia ochronnego (patrz IEC 60204-1:2005, 9.4.3.1)*. Tak więc nie jest możliwe osiągnięcie jakiegokolwiek kategorii bezpieczeństwa (B, 1...4), jeśli nie zostanie właściwie podłączone wyjście zasilacza zasilającego obwód sterowania.

Pozostałe metody nie będą omawiane w niniejszym artykule, a zainteresowanego Czytelnika odsyła się do samodzielnej analizy.




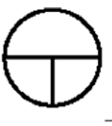
### Interfejs operatora oraz urządzenia sterujące zamontowane na maszynie

Konstruktorzy powszechnie stosują wymagania dotyczące barw elementów sterowniczych zawarte w punkcie 10 normy EN 60204-1. W punkcie 10.2.1 nowej edycji usunięto Tablicę 2 dotyczącą kodowania barwami przycisków sterowniczych, jednakże jej wymagania pozostały niezmiennicze w tekście ww. podpunktu.

Nowa edycja podaje zalecane symbole dla elementów sterowniczych w obwodach sterowania oraz powieliła, za starą edycją, dotychczasowe symbole w obwodach mocy.

Machine operation			
START	STOP	HOLD-TO-RUN	EMERGENCY STOP
IEC 60417-5104 (2006-08)	IEC 60417-5110A (2004-06)	IEC 60417-5011 (2002-10)	IEC 60417-5638 (2002-10)
			

Zalecane symbole elementów sterujących w obwodach sterowania

Power			
ON	OFF	ON/OFF (push on-push off)	ON (hold-to-run)
IEC 60417-5007 (2002-10)	IEC 60417-5008 (2002-10)	IEC 60417-5010 (2002-10)	IEC 60417-5011 (2002-10)
			

Zalecane symbole elementów sterujących w obwodach mocy

W podpunkcie 10.7.1 dotyczącym usytuowania urządzeń zatrzymania awaryjnego komitet IEC zdecydował się na **usuwanie wymagania umieszczenia urządzenia zatrzymania awaryjnego na każdym pulpicie sterowniczym operatora**, co w gruncie rzeczy jest zgodne z wymaganiem zawartym w punkcie 4.3.2 normy EN ISO 13850:2015, w świetle którego *urządzenie zatrzymania awaryjnego powinno być umieszczone na każdym pulpicie sterowniczym operatora, z wyjątkiem sytuacji, gdy ocena ryzyka wskazuje, że nie jest to konieczne*.

### Znakowanie obudów wyposażenia elektrycznego

Punkt 16.4 zyskał nowe brzmienie. Zostały w nim wykreślone pewne wymagane informacje umieszczane dotychczas na tabliczce znamionowej, a na ich miejsce dodano inne. I tak, tabliczka znamionowa powinna być umieszczona na obudowach (zaleca się, w sąsiedztwie głównego doprowadzenia zasilania), do których doprowadzone jest zasilanie i powinna zawierać:

- nazwę lub znak firmowy dostawcy;
- znak certyfikacyjny lub inne oznakowanie, które może być wymagane przez lokalne lub regionalne prawodawstwo, jeśli jest wymagane;

- oznaczenie typu lub modelu, jeśli ma to zastosowanie;
- numer seryjny, jeśli ma to zastosowanie;
- numer dokumentu podstawowego (patrz IEC 62023), jeśli ma to zastosowanie;
- napięcie znamionowe, liczbę faz i częstotliwość (w przypadku AC) oraz prąd pełnego obciążenia w odniesieniu do każdego zasilania;
- wytrzymałość zwarciovą znamionową wyposażenia:  
Komitet IEC zdecydował o wykreśleniu pozycji dotyczącej wytrzymałości zwarciovą znamionową wyposażenia oraz dołożeniu oznaczenia typu lub modelu. Natomiast modyfikacja CENELEC usuwa pozycję dotyczącą znaku certyfikacyjnego.

### Podsumowanie

Szósta edycja normy PN-EN 60204-1:2018-12 wprowadza szereg uszczegółowień i doprecyzowań, co ułatwia zrozumienie jej wymagań i zapobiega sprzecznym interpretacjom. Wymagania normy stały się bardziej przejrzyste, a treść zwarta, np. wymagania dotyczące dokumentacji technicznej w punkcie 17 zamieszczono na dwóch stronach, natomiast w starszej edycji na trzech stronach. Zauważyć można również nadążanie terminologii zawartej w nowej edycji normy za terminologią w pokrewnych normach, np. EN 61439.

Na szczególną uwagę zasługuje modyfikacja CENELEC w zakresie wymagań dotyczących kompatybilności elektromagnetycznej, skreślająca możliwość wykazania zgodności z wymaganiami EMC na podstawie złożenia sterownicy maszyny z urządzeń i elementów spełniających wymagania EMC oraz okablowanych wg wytycznych producentów tych urządzeń lub wg wymagań Załącznika H. Możliwości takie daje natomiast norma EN 61439-1:2011 (porównaj punkt J.9.4.2). Prowadzenie badań w laboratoriach kompatybilności elektromagnetycznej skutkować będzie wydłużeniem czasu dostaw jednostkowych maszyn oraz zwiększy koszty ich produkcji.

Na uwagę zasługuje również fakt zwrócenia większej uwagi na układy sterujące zawierające powszechnie dziś stosowane przekształtniki zasilające silniki. Dodatkowe wymagania w tym zakresie można znaleźć w rozdziałach dotyczących ochrony przeciwporażeniowej, pomiarów ochronnych, urządzeń izolujących oraz kompatybilności EMC. ■

 dr inż. Leszek Kasprzyczak