

Wymagania dotyczące zapewnienia iskrobezpieczeństwa systemów sterowania

dr inż. Andrzej Figiel
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Streszczenie:

Prawidłowy, zgodny z wymaganiami norm, dobór urządzeń elektrycznych oraz instalacji kablowej w ramach systemu iskrobezpiecznego, decyduje o bezpieczeństwie stosowania układów sterowania w miejscach, w których występuje zagrożenie wybuchem gazu i/lub pyłu palnego. W niniejszym artykule przedstawiono zasady projektowania, dokumentowania, oceny i wykonywania systemów iskrobezpiecznych odpowiadające aktualnemu poziomowi wiedzy technicznej. Omówiono podstawowe wymagania dotyczące systemów iskrobezpiecznych (dobór urządzeń, kabli, sposób uziemiania i wykonywania połączeń wyrównawczych) oraz elementy jakie powinny się znaleźć w dokumencie opisującym taki system.

Słowa kluczowe: górnictwo, zagrożenie wybuchem, system iskrobezpieczny

Keywords: mining industry, explosion hazard, intrinsically safe system

Abstract:

Correct selection of electric devices and wiring system according to standard requirements for intrinsic safety decides about the safety use of the control systems in a potentially explosive atmosphere. Rules for designing documenting, assessment and manufacture of intrinsically safe systems with use of state-of-the-art technology is presented. General requirements for intrinsically safe systems (selection of devices, cables and earthing method as well as equipotential bonding) and elements that should be included in the documents describing the system are discussed.

1. Wprowadzenie

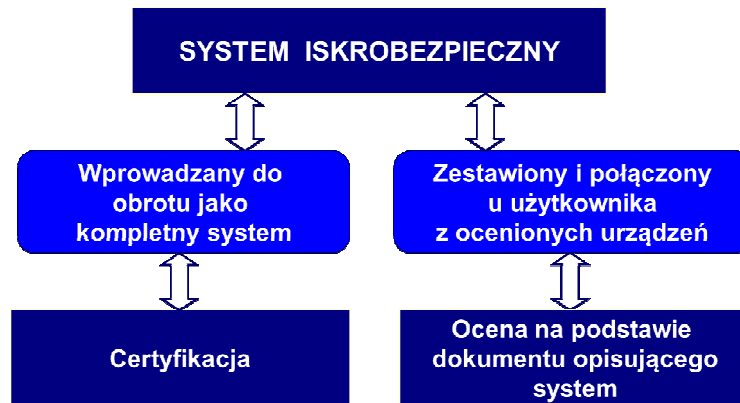
Systemy iskrobezpieczne, zanim zostaną wykonane na konkretnym obiekcie jako instalacje nowe lub modernizowane, muszą być prawidłowo zaprojektowane i ocenione jako bezpieczne. Gwarancją zapewnienia założonego poziomu zabezpieczenia przeciwwybuchowego jest zaprojektowanie, dokonanie oceny i wykonanie systemu iskrobezpiecznego zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 60079-25:2011 [1]. W procesie projektowania uwzględnia się specyficzne wymagania dotyczące systemów iskrobezpiecznych rodzaju zabezpieczenia „i”, przeznaczonych do użytku w całości lub jako część w miejscach, gdzie jest wymagane użycie urządzeń grupy I, II lub III. Zgodnie z ww. normą, projektantem systemu iskrobezpiecznego może być producent, ekspert lub użytkownik, który posiada wymagane kompetencje i jest uprawniony do sporządzenia dokumentu opisującego system w imieniu swojego pracodawcy.

2. Wymagania dotyczące systemów iskrobezpiecznych

System iskrobezpieczny, zdefiniowany jako zestaw połączonych ze sobą urządzeń elektrycznych, przedstawiony w dokumencie opisującym system, w którym obwody lub części obwodów przeznaczonych do użytku w atmosferze wybuchowej są obwodami iskrobezpiecznymi, może być (rys. 1):

- systemem iskrobezpiecznym certyfikowanym tj. takim, dla którego wydano certyfikat potwierdzający jego zgodność z PN-EN 60079-25:2011,

- systemem iskrobezpiecznym niecertyfikowanym tj. takim, w którym znajomość parametrów elektrycznych poszczególnych certyfikowanych urządzeń elektrycznych, certyfikowanych urządzeń towarzyszących, urządzeń prostych oraz znajomość elektrycznych i fizycznych parametrów oprzewodowania łączącego pozwala jednoznacznie wnioskować, że iskrobezpieczeństwo jest zachowane.



Rys. 1. Podział i ocena systemów iskrobezpiecznych [opracowanie własne]

2.1. Dokument opisujący system iskrobezpieczny

Iskrobezpieczeństwo każdego systemu, niezależnie czy będzie certyfikowany, czy nie, należy wykazać w dokumencie (dokumencie opisującym system), w którym należy wyspecyfikować urządzenia elektryczne, ich parametry elektryczne oraz parametry oprzewodowania łączącego.

Dokument opisujący system powinien zawierać analizę osiąganego poziomu bezpieczeństwa, w tym co najmniej:

- schemat blokowy systemu ze wszystkimi urządzeniami systemu, łącznie z urządzeniami prostymi i oprzewodowaniem łączącym,
- oświadczenie dotyczące podgrupy (w przypadku grupy II i III), poziomu zabezpieczenia każdej części składowej systemu, klasy temperaturowej, kategorii i znamionowej temperatury otoczenia,
- wymagania i dopuszczalne parametry oprzewodowania łączącego, od których zależy iskrobezpieczeństwo, alternatywnie, w dokumencie powinien być wyszczególniony charakterystyczny rodzaj kabla lub przewodu i uzasadnienie jego zastosowania, w tym dozwolone rodzaje kabli lub przewodów wielożyłowych, które mogą być użyte w każdym obwodzie,
- szczegóły dotyczące uziemiania i połączeń wyrównawczych punktów systemu (jeżeli użyto urządzeń ochrony przepięciowej należy również dołączyć stosowną analizę); należy wskazać, który punkt lub punkty systemu są przeznaczone do połączenia z potencjałem odniesienia instalacji oraz wszystkie specjalne wymagania tego połączenia,
- uzasadnienie oceny urządzeń jako urządzeń prostych zgodnie z PN-EN 60079-11:2012 [2], tam gdzie ma to zastosowanie,
- jeżeli obwód iskrobezpieczny zawiera kilka urządzeń iskrobezpiecznych powinna być przedstawiona analiza sumy ich parametrów (powinna obejmować wszystkie urządzenia proste i certyfikowane urządzenia iskrobezpieczne),

- zakres temperatury otoczenia, jeżeli cały system lub jego część jest przeznaczona do pracy poza normalnym zakresem temperatury otoczenia, wynoszącym od -20°C do $+40^{\circ}\text{C}$,
- analizę szczególnych warunków stosowania poszczególnych urządzeń, zawartych w instrukcjach/certyfikatach urządzeń.

Dokument powinien posiadać niepowtarzalne oznakowanie, powinien być podpisany i datowany przez projektanta systemu.

2.2. Poziom zabezpieczenia systemu

Każdej części systemu iskrobezpiecznego przeznaczonego do użytku w atmosferze potencjalnie wybuchowej, zgodnie z PN-EN 60079-11:2012, należy przypisać poziom zabezpieczenia „ia”, „ib” lub „ic”. Nie wymaga się, aby cały system miał jeden poziom zabezpieczenia. Urządzenie z poziomem zabezpieczenia „ia” zasilane z zasilacza „ib” tworzą system „ib”. System może posiadać poziom „ib” w warunkach normalnej pracy, przy zasilaniu zewnętrznym, lecz w przypadku, gdy zasilanie to jest odłączone zgodnie z określonymi warunkami bezpieczeństwa, system zasilany z rezerwowej baterii może posiadać poziom „ia”.

2.3. Wymagania dla kabli/przewodów wielożyłowych

Wielożyłowe kable lub przewody zawierające obwody zaliczone do poziomu zabezpieczenia „ia”, „ib” lub „ic” nie powinny zawierać obwodów nieiskrobezpiecznych. W normie PN-EN 60079-25:2011 rozróżnia się trzy rodzaje kabli/przewodów wielożyłowych (rodzaju A, B i C). Wymagania dla nich przedstawiono w tabeli 1.

Wymagania dla kabli/przewodów wielożyłowych - opracowano na podstawie [1]

Tabela 1

Rodzaj kabla wielożyłowego	Budowa żył	Izolacja	Ekran przewodzący	Dodatkowe wymagania	Analiza uszkodzeń
A	Średnice pojedynczych drutów lub drutów przewodów linkowych $\geq 0,1\text{ mm}$	Grubość izolacji $\geq 0,2\text{ mm}$ Próba wytrzymałości elektr. izolacji: ekran/pancerz – wiązka żył	Ekrany przewodzące indywidualne każdego obwodu (pokrycie $\geq 60\%$ powierzchni)		Nie uwzględnia się
B		$\geq 500\text{ V AC}$ $\geq 750\text{ V DC}$ pomiędzy dwoma wiązkami żył		Instalacja stała, skutecznie ochroniona przed uszkodzeniami mechanicznymi	Nie uwzględnia się jeżeli brak obwodu o $U_0 > 60\text{ V}$
C		$\geq 1000\text{ V AC}$ $\geq 1500\text{ V DC}$			Dwa zwarcia żył, cztery przerwy

2.4. Uziemianie i połączenia wyrównawcze systemów iskrobezpiecznych

Obwód iskrobezpieczny powinien być nieuziemiony lub połączony tylko w jednym punkcie z potencjałem odniesienia, związanym z przestrzenią zagrożoną. W przypadku połączenia obwodu iskrobezpiecznego z ziemią, w obrębie systemu należy zastosować połączenia wyrównawcze. Więcej połączeń z ziemią w obwodzie jest dozwolone pod warunkiem, że obwód ten jest galwanicznie rozdzielony na podobwoły, z których każdy ma tylko jeden punkt uziemienia. Ekrany kabli/przewodów powinny być połączone z ziemią (w jednym punkcie).

2.5. Parametry elektryczne kabli lub przewodów

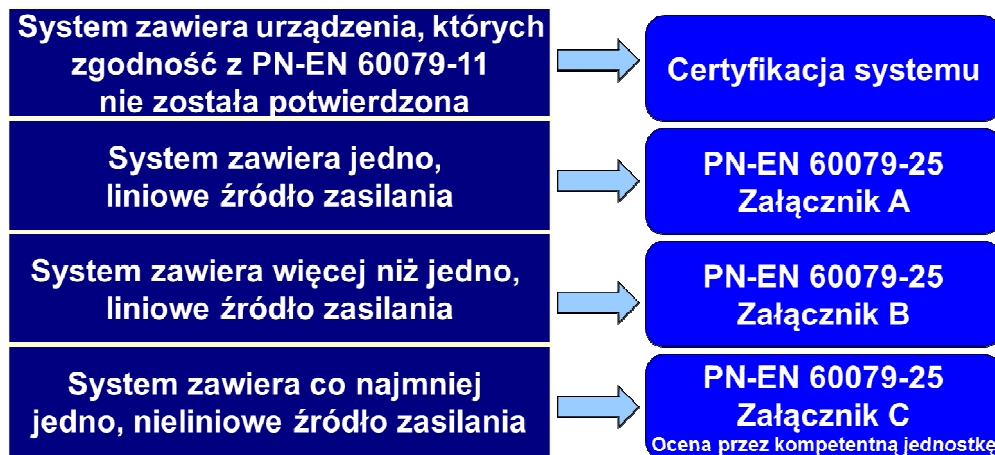
Parametry elektryczne (C_c i L_c lub C_c i L_c/R_c) wszystkich kabli lub przewodów zastosowanych w systemie iskrobezpiecznym przyjmuje się na podstawie:

- danych producenta (przyjmuje się najbardziej niekorzystne wartości),
- pomiarów próbki, wykonanych w sposób określony w Załączniku G normy PN-EN 60079-25:2011,
- obliczeń – jeżeli oprzewodowanie składa się z dwóch lub trzech żył konwencjonalnie wykonanych kabli lub przewodów (z ekranem lub bez ekranu) można przyjąć: 200 pF/m i 1 μ H/m albo stosunek indukcyjności do rezystancji (L_c/R_c) wyznacza się, dzieląc 1 μ H przez określoną przez producenta rezystancję pętli na metr; alternatywnie, dla prądów do $I_0 = 3$ A może przyjąć, że L/R wynosi 30 μ H/ Ω .

2.6. Ocena systemu iskrobezpiecznego

Ocena systemu iskrobezpiecznego zależy od tego, czy system jest zestawiony z urządzeń certyfikowanych, czy nie oraz od rodzaju i liczby źródeł zasilania. Szczegółowe zasady oceny podano w załącznikach do normy PN-EN 60079-25:2011 (rys. 2).

System składający się z urządzeń, których zgodność z PN-EN 60079-11:2012 nie została potwierdzona oraz system, w których liniowe i nieliniowe obwoły są połączone lub mogą się połączyć w stanach awaryjnych, powinien być oceniony przez kompetentną jednostkę certyfikującą, laboratorium badawcze lub upoważnionego inżyniera ze względu na konieczność zapewnienia dostępu do specjalistycznej wiedzy i odpowiedniej aparatury badawczej.

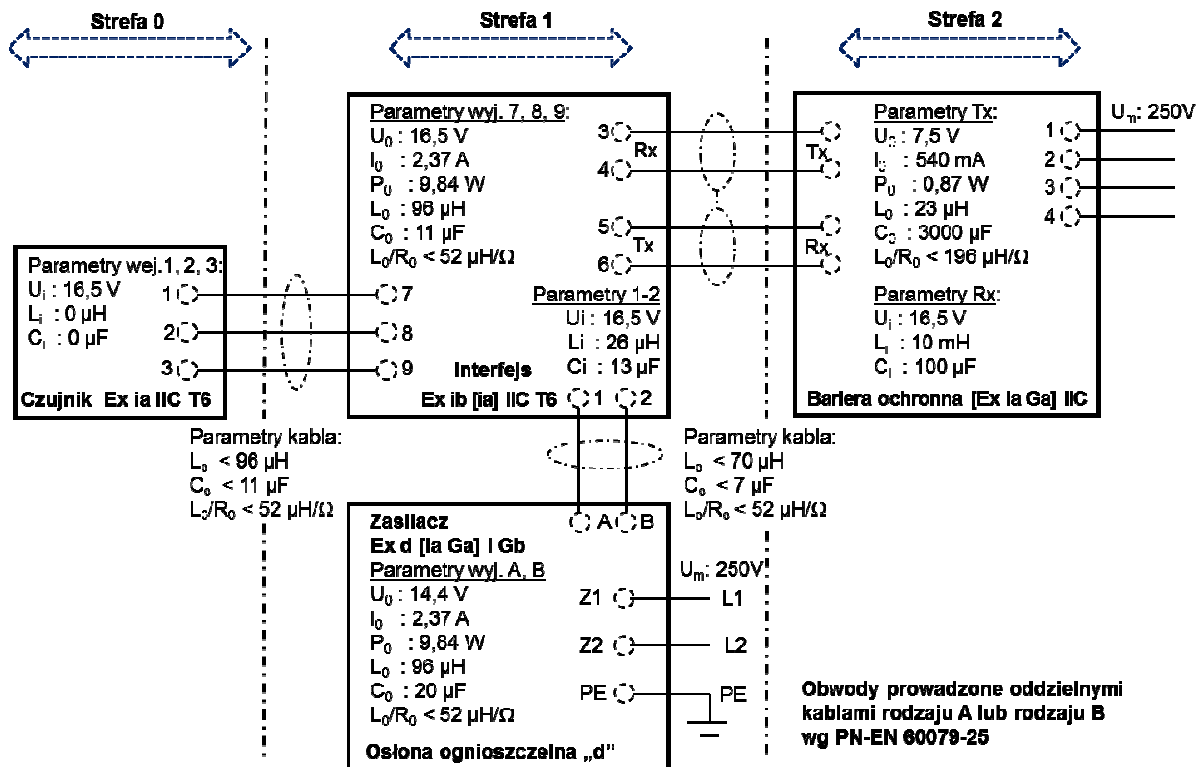


Rys. 2. Tryb oceny systemów iskrobezpiecznych - opracowano na podstawie [1]

Większość systemów iskrobezpiecznych zawiera jedno źródło zasilania, które jest połączone z jednym urządzeniem iskrobezpiecznym obiektywnym.

Ocenę systemu rozpoczyna określenie parametrów wejściowych i wyjściowych połączonych ze sobą urządzeń oraz parametrów kabla łączącego. Parametry te można znaleźć w certyfikacie, instrukcji lub rysunku kontrolnym, dostępnym dla projektanta systemu.

Przykład schematu blokowego systemu iskrobezpiecznego przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Przykład schematu blokowego systemu iskrobezpiecznego - opracowano na podstawie [1]

Ocena prostego obwodu iskrobezpiecznego obejmuje następujące kroki:

1. Porównanie grup urządzeń (jeżeli różnią się, to system przyjmuje najniższą grupę; na przykład, jeżeli jedno urządzenie jest IIC a drugie IIB, to wówczas system staje się IIB).
2. Porównanie poziomu zabezpieczenia (jeżeli różnią się, to system przyjmuje najniższy poziom zabezpieczenia; na przykład, jeżeli urządzenie jest „ia” a drugie „ib”, to system staje się „ib”).
3. Ustalenie klasyfikacji temperaturowej urządzeń instalowanych w przestrzeni zagrożonej (nie systemu).
4. Zapisanie zakresu dopuszczalnej temperatury otoczenia każdego urządzenia.
5. Porównanie parametrów wyjściowych źródła zasilania (U_o , I_o , P_o) z parametrami wejściowymi urządzenia obiektywnego (U_i , I_i , P_i). Parametry wyjściowe nie powinny przewyższać odpowiednich parametrów wejściowych. Sporadycznie, bezpieczeństwo urządzenia obiektywnego może być określone tylko przez jeden z tych parametrów. W tym przypadku parametry nieokreślone nie mają znaczenia.

$$U_o \leq U_i$$

$$I_o \leq I_i$$

$$P_o \leq P_i$$

6. Ustalenie dopuszczalnych parametrów kabla lub przewodu.

$$C_c = C_o - C_i$$

$$L_c = L_o - L_i$$

7. Sprawdzenie, czy poziom izolacji względem ziemi jest dopuszczalny oraz, czy wymagania dotyczące uziemienia systemu są spełnione.

Wygodnym sposobem dokumentowania wyników analizy i oceny obwodu iskrobezpiecznego jest stworzenie tabeli (przykład: Tabela 2). W prezentowanym przykładzie porównano parametry iskrobezpiecznego interfejsu i współpracującego z nim czujnika temperatury.

Wyniki analizy i oceny systemu iskrobezpiecznego (opracowanie własne dotyczące przykładowego systemu iskrobezpiecznego przedstawionego na rys. 3)

Tabela 2

Element	Interfejs	Czujnik	Kabel	System
Grupa urządzenia	IIC	IIC	-	IIC
Poziom zabezpieczenia	ib [ia]	ia	-	ib (interfejs) ia (czujnik)
Klasyfikacja temperaturowa	T6	T6	-	-
Temperatura otoczenia	-10°C ÷ +40°C	-20°C ÷ +60°C	-	-
Porównanie parametrów:	Zaciski 7 – 8 – 9	Zaciski 1 – 2 – 3	-	-
– napięcie	$U_o = 16,5 \text{ V}$	$U_i = 16,5 \text{ V}$	-	✓
– prąd	$I_o = 2,37 \text{ A}$	-	-	✓
– moc	$P_o = 9,84 \text{ W}$	-	-	✓
– indukcyjność	$L_o = 96 \mu\text{H}$	$L_i = 0 \mu\text{H}$	$L_c \leq 96 \mu\text{H}$	✓
– pojemność	$C_o = 11 \mu\text{F}$	$C_i = 0 \mu\text{F}$	$C_c \leq 11 \mu\text{F}$	✓
– L/R	$L_o/R_o = 52 \mu\text{H/m}$	-	$L_c/R_c \leq 52 \mu\text{H/m}$	✓
Uziemienie	izolowany	izolowany	-	izolowany

Prezentowany, uproszczony sposób analizy i oceny systemu iskrobezpiecznego można wykorzystywać w sytuacji, gdy wartości skupione pojemności ΣC_i oraz indukcyjności ΣL_i (występujące równocześnie) nie przekraczają 1% wartości parametrów wyjściowych C_o , L_o (zdecydowana większość przypadków). Jeżeli system zawiera zarówno skupioną pojemność i skupioną indukcyjność, wzajemne ich oddziaływanie może zwiększyć zagrożenie przez iskry zdolne do spowodowania zapłonu. W rzadkich przypadkach, gdy skupiona indukcyjność ΣL_i (źródła zasilania i urządzeń obiektowych) i skupiona pojemność ΣC_i (źródła zasilania i urządzeń obiektowych) są większe niż 1% poszczególnych parametrów wyjściowych źródła zasilania C_o i L_o , to obydwie dopuszczalne parametry wyjściowe są dzielone przez dwa. Taki prosty sposób wyznaczenia dopuszczalnych parametrów wyjściowych można stosować wyłącznie, gdy maksymalna zewnętrzna pojemność C_o nie przekracza wartości 1 μF dla grupy I, IIA i IIB i 600 nF dla grupy IIC [1, 3]. Jeżeli nie można zastosować powyższej zasady, to w celu wyznaczenia parametrów C_o i L_o należy korzystać z wykresów zawartych w normie [1] lub specjalistycznych programów np. iSPARK.

3. Podsumowanie

Projektowanie systemów iskrobezpiecznych jest procesem bardzo istotnym ze względu na potencjalne skutki nieprawidłowego doboru urządzeń i nieprawidłowego wykonania połączeń między nimi (utrata iskrobezpieczeństwa).

Metodę analizy, oceny i dokumentowania systemów iskrobezpiecznych, bazującą na normie PN-EN 60079-25:2011, należy stosować na etapie projektowania każdego systemu przeznaczonego do pracy w strefach zagrożonych wybuchem. Jej stosowanie minimalizuje ryzyko wykonania instalacji elektrycznej, która nie zapewnia bezpieczeństwa przeciwwybuchowego.

Prawidłowo sporządzona dokumentacja systemu iskrobezpiecznego stanowi również zabezpieczenie dla jego projektanta, że zaproponowany przez niego system, spełnia odpowiednie wymagania techniczne i założony poziomem zabezpieczenia przeciwwybuchowego.

Literatura

- [1] Norma PN-EN 60079-25:2011 Atmosfery wybuchowe. Część 25: Systemy iskrobezpieczne
- [2] Norma PN-EN 60079-11:2012 Atmosfery wybuchowe. Część 11: Zabezpieczenie urządzeń za pomocą iskrobezpieczeństwa "i"
- [3] Thomas Eichhorn, Ulrich Johannsmeyer, Anton Schimmele – Verification of intrinsic safety. Ex-Magazine 2007

Czy wiesz, że

... Tak jak na optymalizacji sprzętu górniczego, tak branża górnicza ponownie skupia swoją uwagę na przeróbce węgla kamiennego. Z powodu spadku wydobywania węgla, przeróbka mechaniczna stoi przed trudnym zadaniem przetrwania przy coraz mniejszej liczbie działających kopalń. Wzbogacanie w cieczech ciężkich odgrywa kluczową rolę. Dlatego warto skupić się na tym procesie i jego optymalizacji, który nie tylko może zmniejszyć utratę dochodów, ale także może się przyczynić do zaoszczędzenia energii.

World Coal 8/2016