

## Elektryczne urządzenia przeciwybuchowe przeznaczone do pracy w przestrzeniach zagrożonych wybuchem pyłów palnych – rodzaje zabezpieczeń

### Historia

Pierwsze ustalenia dotyczące zabezpieczeń urządzeń pracujących w przestrzeniach zagrożonych wybuchem pyłów powstały już w Stanach Zjednoczonych, a w Europie w 1976r. Jednakże dopiero w 1993r wydano pierwszą serię norm międzynarodowych IEC 61241:1993. Do momentu wejścia w życie dyrektywy ATEX wymagania stawiane urządzeniom oparte były o regulacje krajowe. Przy czym koncepcja ochrony zakładała występowanie dwóch stref zagrożenia wybuchem pyłu: strefy 10 i strefy 11 (wg „szkoły niemieckiej”) lub strefy Z i strefy Y (wg szkoły „angielskiej”).



*Fot. 1 Oprawa oświetleniowa w komorze pyłowej*

Wprowadzenie dyrektywy 94/9/WE (ATEX) zaskutkowało ujednoczeniem wymagań związanych z zabezpieczeniem urządzeń przeciwybuchowych na rynkach europejskich. Europejski Komitet Normalizacyjny Elektrotechniki (CENELEC) wprowadził równolegle do serii IEC 61241, bazujące na niej, zharmonizowane z dyrektywą normy EN 50281-1-1 i EN 50281-1-2 bazujące na koncepcji zakładającej występowanie trzech stref zagrożenia wybuchem i trzech poziomach zabezpieczeń urządzeń, tak jak to podano w tablicy 1. Obecnie w ramach koncepcji spójności przyjęto normy serii EN 61241 (tablica 2).

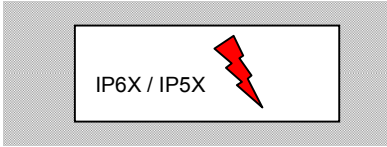
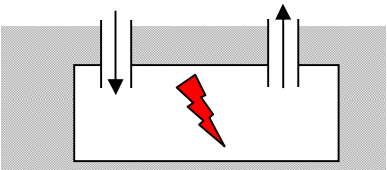
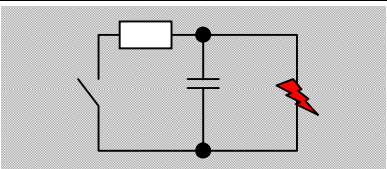
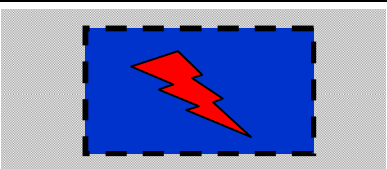
Tablica 1 Strefy i odpowiadające im poziomy zabezpieczeń urządzeń wg dyrektywy 94/9/WE

Strefa	Występowanie atmosfery zagrożonej wybuchem pyłu	Poziom zabezpieczenia urządzenia	Kategoria urządzenia wg dyrektywy 94/9/WE	Certyfikacja obowiązkowa
20	W sposób ciągły, przez długi czas, często	Bardzo wysoki	1D	Tak
21	Tymczasowo	Wysoki	2D	Tak
22	Rzadko i przez krótki czas	Normalny	3D	Nie (deklaracja producenta)

### Metody zabezpieczeń i wymagania ogólne

Zabezpieczenia przeciwybuchowe urządzeń przeznaczonych do pracy w przestrzeniach zagrożonych wybuchem pyłów opierają się głównie na ograniczaniu przyrostów temperatur do poziomu uznawanego za bezpieczny, odizolowaniu układu elektrycznego od otaczającej atmosfery lub ograniczaniu energii mogących powstać iskier elektrycznych. Obecnie występują cztery, wymienione w tablicy 1, rodzaje zabezpieczeń.

Tablica 2 Rodzaje zabezpieczeń urządzeń przeznaczonych do pracy w przestrzeniach zagrożonych wybuchem pyłu.

Ogólna zasada działania	Rodzaj zabezpieczenia	Norma
	Ochrona przez obudowę „tD”	EN 61241-1
	Obudowa z nadciśnieniem „pD”	EN 61241-4
	Wykonanie iskrobezpieczne „iD”	EN 61241-11
	Ochrona za pomocą obudowy hermetyzowanej „mD”	EN 61241-18

Wymagania ogólne dotyczące wszystkich rodzajów zabezpieczeń takie jak ograniczenia materiałowe, temperatury graniczne, wymagania odnośnie zastosowanych wprowadzeń do obudów zawarto w normie ogólnej EN 61241-0.

Jednym z kluczowych elementów zabezpieczenia są obudowy, które mogą być wykonywane z metali (stal, stopy lekkie), szkła lub tworzyw sztucznych. Wszystkie użyte do konstrukcji materiały powinny mieć odpowiednią wytrzymałość mechaniczną. W przypadku zastosowania metali lekkich, należy pamiętać o ograniczeniach składu materiałów – nie powinny zawierać wagowo więcej niż 6% magnezu i tytanu.

Dodatkowo tworzywa sztuczne powinny wykazywać się trwałością termiczną i nie powinny powodować wylądowań snopiastych. W przypadku, gdy zastosowane tworzywo sztuczne jest pokryte materiałem przewodzącym powinno wykazywać się jedną z poniższych własności:

- rezystancja izolacji nie większa niż 1 GΩ (rezystancja materiału izolacyjnego skrośna lub powierzchniowa - pomiar elektrodą kołową o powierzchni efektywnej 20 cm<sup>2</sup>);
- napięcie przebicia nie większe niż 4 kV (pomiar na grubości wg EN 60243-1);

- grubość zewnętrznej warstwy izolacyjnej na częściach metalowych > 8 mm.

**Ochrona przez obudowę „tD”** – najbardziej rozpowszechniony i uznawany za najważniejszy rodzaj zabezpieczenia. Ochrona przez obudowę „tD” opiera się na ograniczeniu temperatur występujących na powierzchni obudów urządzeń oraz na ograniczeniu możliwości wnikania pyłu do wnętrza układu elektrycznego. EN 61241-1 wyróżnia dwa rodzaje obudów:

- *obudowy pyłoszczelne (IP6X)* – pozwalające na użytkowanie urządzeń w strefach 20, 21 i 22 w obecności pyłów palnych;
- *obudowy z ograniczoną ochroną przed pyłem (IP5X)* – pozwalające na użytkowanie urządzeń w strefie 22 w obecności pyłów nieprzewodzących;

Stopień ochrony zapewniany przez obudowę może być wyznaczany wg jednej z praktyk A lub B. W przypadku zastosowania praktyki A - pyłoszczelność obudowy wyznaczana jest metodą podaną w normie dotyczącej stopni ochrony IP (EN 60529). Badaniu podlega jedynie obudowa urządzenia, w której symuluje się podciśnienie o wartości 2kPa (fot. 2).



Fot. 2 Badanie stopnia ochrony IP6X w komorze pyłowej

W przypadku zastosowania praktyki B – pyłoszczelność uzyskuje się poprzez zastosowanie łączników elementów obudowy wg rozwiązań konstrukcyjnych wymienionych w normie EN 61241-1. Skuteczność zastosowanych uszczelnień wyznaczana jest w tzw. cyklu termicznym. Badaniu podlega całe urządzenie, które umieszczane jest w komorze pyłowej (rys. 1). Po wzniesieniu chmury pyłowej urządzenie nagrzewane jest do momentu ustabilizowania temperatury, następnie urządzenie jest wyłączane i stygnie aż do osiągnięcia temperatury pokojowej. Taki cykl powtarzany jest min. sześć

razy, przy czym minimalny czas trwania badania wynosi 30h. Ocena stopnia wnikania pyłu jest identyczna jak poprzednio.

Pomimo, że obie praktyki zapewniają jednakowy poziom bezpieczeństwa to wybór praktyki ma swoje konsekwencje w późniejszym stosowaniu urządzenia (tablica 3). Z tego też powodu informacja dotycząca zastosowanej w ocenie praktyki ma swoje odzwierciedlenie w oznakowaniu urządzenia.

*Tablica 3 Ograniczenia wynikające z wyboru praktyki oceny stopnia zabezpieczenia przed wnikaniem pyłu do obudowy*

Praktyka A	Praktyka B
Temperatura maksymalna jest określana dla 5mm warstwy pyłu. Zastosowanie wymaga marginesu bezpieczeństwa 75K	Temperatura maksymalna jest określana dla 12,5mm warstwy pyłu. Zastosowanie wymaga marginesu bezpieczeństwa 25K
Metoda określania wnikania pyłu oparta jest na wymaganiach normy EN 60529	Metoda określania wnikania pyłu oparta jest poprzez badanie obudowy w tzw. cyklu termicznym

Przykłady znakowania urządzeń chronionych przez obudowę „tD”

**II 2D Ex tD A21 IP66 T255°C** – Urządzenie kategorii drugiej – do zastosowania w strefie 21, w obecności pyłów przewodzących, których temperatura samozapłonu **5mm** warstwy pyłu jest większa niż **330°C**;

**II 2D Ex tD B21 T255°C** – Urządzenie kategorii drugiej – do zastosowania w strefie 21, w obecności pyłów przewodzących, których temperatura samozapłonu **12,5mm** warstwy pyłu jest większa niż **280°C**;

**II 2D Ex tD A21 IP54 T255°C** – Urządzenie kategorii drugiej – do zastosowania w strefie 21, w obecności pyłów nieprzewodzących, których temperatura samozapłonu **5mm** warstwy pyłu jest większa niż **330°C**;

**Typ ochrony „pD”** (EN 61241-4) – bazuje na znanej i szeroko stosowanej w urządzeniach „gazowych” obudowie z nadciśnieniem „p”. Dzięki utrzymywanemu, we wnętrzu urządzenia, nadciśnieniu (min. 50Pa) pył nie wnika do urządzenia. W ten sposób unika się kontaktu iskrzącej aparatury elektrycznej z pyłem. Ten rodzaj zabezpieczenia znajduje najszersze zastosowanie dla szaf sterowniczych w strefach zagrożonych wybuchem pyłu. Urządzenia w wykonaniu „pD” mogą pracować jedynie w strefach 21 i 22. Faza oczyszczania (usuwania pyłu) przy pomocy systemu wentylacji, mająca zastosowanie w urządzeniach pracujących w strefach zagrożonych wybuchem gazu, jest w tym przypadku niedozwolona z uwagi na mogącą powstać chmurę pyłową.

W urządzeniach „pD” przed załączeniem systemu wentylacji (odpowiedzialnego za utrzymanie nadciśnienia) należy ręcznie oczyścić wnętrze urządzenia z pyłu, który nagromadził się w wyniku poprzedniego wyłączenia systemu. Wyłączenie systemu wentylacji powoduje poważne ryzyko inicjacji wybuchu, dlatego też w przypadku awarii lub przypadkowego wyłączenia systemu urządzenie musi być zabezpieczone poprzez jeden z środków podanych w tabelicy 4.

*Tablica 4 Podstawowe wymagania, jakie musi spełnić urządzenie w przypadku awarii systemu wentylacji.*

Strefa	Urządzenia, w których czasie normalnej pracy występują źródła zapłonu	Urządzenia, w których nie ma źródeł zapłonu w czasie normalnej pracy
20	Rodzaj zabezpieczenia „pD” niedozwolony	
21	Wyłączenie urządzenia wraz z załączeniem alarmowej sygnalizacji dźwiękowej i wizualnej	Załączenie alarmowej sygnalizacji dźwiękowej i wizualnej
22	Załączenie alarmowej sygnalizacji dźwiękowej i wizualnej	Nadciśnienie nie jest wymagane

Przykład znakowania urządzeń „pD”

**II 2D Ex pD 21 IP66 T120°C** – Urządzenie kategorii drugiej – do zastosowania w strefie 21, w obecności pyłów palnych, których temperatura samozapłonu **5mm** warstwy pyłu jest większa niż **195°C**;

**Urządzenia w wykonaniu iskrobezpiecznym „iD”** (EN 61241-11) – w tym przypadku podobnie jak w „gazowych” urządzeniach iskrobezpiecznych ograniczono możliwość gromadzenia energii we wnętrzu układu elektrycznego i możliwości występowania wysokich temperatur.

Podstawowe wymagania stawiane urządzeniom „iD”:

- w celu zabezpieczenia przed zapłonem od iskry elektrycznej, urządzenie musi spełnić wymagania stawiane urządzeniom podgrupy IIB wg EN 60079-11;
- w celu zachowania odstępów izolacyjnych wymagana jest hermetyzacja lub w przypadku obudów wymagany jest stopień ochrony IP6X (w normie znajdujemy odwołanie do EN 61241 „tD”);
- w celu zabezpieczenia przed zapłonem w wyniku przepływu prądu w przewodzącym pyłe – wprowadzono dodatkowe ograniczenia mocy dla części obwodu elektrycznego, które nie są chronione przez hermetyzację lub obudowę (np.: nieizolowane czujniki);

Przykłady znakowania urządzeń w wykonaniu „iD”

**II 1D Ex iaD 20 IP66 T135°C** – Samodzielne urządzenie kategorii pierwszej – do zastosowania w strefie 20. Poziom zabezpieczenia ia;

**II (2)D [Ex ibD]** – urządzenie towarzyszące kategorii drugiej – do zastosowania poza strefą zagrożoną wybuchem z obwodami pracującymi w strefie 21. Poziom zabezpieczenia ib;

**Ochrona za pomocą obudowy hermetyzowanej „mD”** (EN 61241-18) – zabezpieczenie polega na odizolowaniu części czynnych układu elektrycznego od otaczającej atmosfery pyłowej, poprzez umieszczenie go w zalewie hermetyzującej. Wszelkie wymagania dotyczące analizy układu elektrycznego, mogących w nim wystąpić uszkodzeń, temperatur są tożsame z wymaganiami zawartymi w normie EN 60079-18 dotyczącej urządzeń przeznaczonych do pracy w strefach zagrożonych wybuchem gazu.

Przykłady znakowania urządzeń w wykonaniu „mD”

**II 1D Ex maD 20 IP65 T135°C** – Samodzielne urządzenie kategorii pierwszej – do zastosowania w strefie 20, w obecności pyłów przewodzących.