Ochrona przed elektrycznością statyczną w instalacjach przemysłowych Przewodnik - wersja 1.1













Spis treści

Cel i zakres poradnika - **Wstęp** 3

1. Podstawy normatywne 4

1.1. Akty prawne Unii Europejskiej 4

1.2. Dokument wiodący w zakresie zagrożeń elektrostatycznych 4

1.3. Normy podstawowe stosowane w ocenie zagrożeń ESH 4

1.4. Dokumenty pomocnicze i archiwalne 5

2. Czym jest ładunek elektrostatyczny? 7

3. Mechanizmy powstawania ładunków 9

3.1. Mechanizmy elektryzowania w instalacjach przemysłowych 9

3.2. Energia wyładowania a minimalna energia zapłonu 11

3.3. Czas relaksacji ładunku 13

3.4. Rodzaje wyładowań elektrostatycznych 14

3.5. Klasyfikacja materiałów z punktu widzenia ESH (uproszczona) 17

4. Uziemianie i wyrównywanie potencjałów 19

4.1. Rola uziemienia 19

4.2. Rezystancja połączeń i wymagania techniczne 20

4.3. Integracja z uziomem obiektu i połączenia wyrównawcze 23

5. Transport i nalewanie cieczy palnych 25

6. Przesypywanie materiałów sypkich 29

7. Transport pneumatyczny 32

8. Posadzki, obuwie i odzież 35

8.1. Posadzki 35

8.2. Obuwie 36

8.3. Odzież 37

9. Jonizacja 39

10. Elastyczne kontenery FIBC 41

11. Konserwacja i pomiary kontrolne 44

12. Praktyki operacyjne 48

13. Odpowiedzialności i role w kontroli zagrożeń elektrostatycznych (ESH) 50

14. Urządzenia i systemy monitorowania uziemienia 53

15. Podsumowanie końcowe 56

Załącznik A. – systemy kontroli uziemienia oraz ich integracja z procesem technologicznym 58

A.1. Wprowadzenie 58

A.2. Wymagania normatywne dotyczące kontroli uziemienia 58

A.3. Kryterium rezystancji toru uziemienia 59

A.4. Podejścia do kontroli uziemienia - perspektywa praktyczna 59

A.5. Typowe obszary zastosowań systemów monitorowania uziemienia 60

A.6. Integracja systemów monitorowania z procesem technologicznym 60

A.7. Wymagania funkcjonalne systemów monitorowania 61

A.8. Dobór systemów w zależności od procesu 61

A.9. Kontrola okresowa i utrzymanie 62

LISTA KONTROLNA ESH - Kiedy potrzebujesz systemu monitorowania uziemienia? 63

Protection against_B5- PL 60227.indd 2 10.03.2026 09:22:09

Cel i zakres przewodnika

Celem przewodnika jest przedstawienie podstawowych zasad projektowania, eksploatacji i kontroli instalacji przemysłowych w sposób ograniczający ryzyko zapłonu atmosfer wybuchowych wskutek wyładowań elektrostatycznych.

Dokument ma charakter praktycznego przewodnika dla:

- inżynierów utrzymania ruchu,
- projektantów instalacji procesowych,
- technologów,
- specjalistów ds. bezpieczeństwa, ATEX i BHP,
- audytorów wewnętrznych i zewnętrznych.

Zakres obejmuje:

- podstawy techniczne elektryzowania materiałów w procesach przemysłowych,
- praktyczne wymagania dotyczące uziemiania urządzeń, zbiorników, cystern, beczek i elementów mobilnych,
- zasady kontroli prędkości przepływu cieczy i ruchu materiałów sypkich,
- określenie wymagań dla posadzek, obuwia, odzieży i wyposażenia ESH,
- zastosowanie rozwiązań monitorujących i blokujących pracę w przypadku braku skutecznego uziemienia,
- wytyczne dotyczące stosowania jonizacji, powłok antystatycznych, kontenerów FIBC i materiałów przewodzących,
- opis bezpiecznych praktyk operacyjnych i wymagań dotyczących utrzymania i pomiarów kontrolnych.

Przewodnik skupia się na obszarach, które w praktyce przemysłowej generują największe ryzyko i przedstawia zalecenia oparte na normach oraz doświadczeniach z instalacji, w których prowadzono audyty ESH i analizy zdarzeń.

W praktyce przedstawione tu zalecenia odzwierciedlają powtarzające się ustalenia wynikające z audytów bezpieczeństwa elektrostatycznego oraz analiz incydentów, prowadzonych w instalacjach przemysłowych podlegających wymaganiom ATEX.

Protection against_B5- PL 60227.indd 3 10.03.2026 09:22:09

Podstawy normatywne

1

Zagadnienia związane z ograniczaniem zagrożeń elektrostatycznych w atmosferach wybuchowych są regulowane przez akty prawne Unii Europejskiej oraz opisane w normach i dokumentach technicznych krajowych, europejskich i międzynarodowych.

1.1. Akty prawne Unii Europejskiej

Podstawę prawną w zakresie bezpieczeństwa przeciwwybuchowego stanowią dyrektywy ATEX:

- ***Dyrektywa 2014/34/UE (ATEX)*** *dotycząca urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem,*
- ***Dyrektywa 1999/92/WE (ATEX USERS)*** *określająca minimalne wymagania w zakresie poprawy bezpieczeństwa oraz ochrony zdrowia pracowników narażonych na ryzyko wybuchu.*

1.2. Dokument wiodący

Kluczowym dokumentem odniesienia w zakresie identyfikacji i ograniczania zagrożeń elektrostatycznych w atmosferach wybuchowych jest specyfikacja techniczna:

IEC/TS 60079-32-1 (CLC/TR 60079-32-1)
Atmosfery wybuchowe - Zagrożenia elektrostatyczne - Wytyczne

Dokument, mimo że nie posiada statusu normy międzynarodowej, stanowi praktyczne źródło dobrych praktyk w zakresie ochrony przed elektrycznością statyczną w instalacjach przemysłowych i jest powszechnie wykorzystywany jako materiał pomocniczy **przy ocenie ryzyka wybuchowego.**

1.3. Normy podstawowe stosowane w ocenie zagrożeń ESH w strefach zagrożenia wybuchem

W praktyce projektowej, eksploatacyjnej oraz w dokumentacji przeciwwybuchowej stosuje się w szczególności następujące normy:

1.3.1. Klasyfikacja przestrzeni zagrożonych wybuchem

- ***PN-EN 60079-10-1*** *Atmosfery wybuchowe - Klasyfikacja przestrzeni Część 10-1: Przestrzenie, w których występują gazy i pary,*
- ***PN-EN 60079-10-2*** *Atmosfery wybuchowe - Klasyfikacja przestrzeni Część 10-2: Przestrzenie, w których występują pyły palne.*

1.3.2. Metodyka zapobiegania wybuchowi

- ***PN-EN 1127-1 Atmosfery wybuchowe*** *- Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem. Pojęcia podstawowe i metodologia.*

Protection against_B5- PL 60227.indd 4 10.03.2026 09:22:09

1.3.3. Wymagania i terminologia związana z elektrycznością statyczną

- ***PN-EN 13237*** *Potencjalnie wybuchowe atmosfery - Terminy i wymagania dotyczące właściwości materiałów i urządzeń ze względu na elektryczność statyczną,*
- ***PN-EN 61340-1*** *Elektrostatyka - Część 1: Zasady ogólne.*

1.3.4. Badania właściwości elektrostatycznych elementów wyposażenia

- ***PN-EN 61340-4-1*** *Elektrostatyka - Metody badań. Część 4-1: Metody badań właściwości elektrycznych posadzek i podłóg,*
- ***IEC 61340-4-3*** *Elektrostatyka - Metody badań. Część 4-3: Metody badań obuwia w zakresie ESH,*
- ***PN-EN ISO 20345*** *Środki ochrony indywidualnej. Obuwie bezpieczne.*



1.4. Dokumenty pomocnicze i archiwalne

Jako materiały uzupełniające i pomocnicze, w szczególności w odniesieniu do istniejących instalacji lub analiz porównawczych, stosuje się również:

- ***PN-E-05204:1994*** *Ochrona przed elektrycznością statyczną. Ochrona obiektów, instalacji i urządzeń - Wymagania,*
- ***PN-E-05203:1992*** *Ochrona przed elektrycznością statyczną. Pomiary parametrów elektrycznych,*
- ***PN-EN 1081*** *Metoda badania rezystancji elektrycznej posadzek (norma wycofana, zastępowana w praktyce przez PN-EN 61340-4-1),*
- ***NFPA 77*** *Recommended Practice on Static Electricity - wytyczne do projektowania i eksploatacji instalacji z zagrożeniem ESD, szczególnie w sektorze paliwowym i chemicznym,*
- ***CLC/TR 50404*** *Code of Practice for the avoidance of hazards due to static electricity - europejski dokument wytycznych, obecnie wycofany, zbieżny merytorycznie z IEC/TS 60079-32-1.*

Poradnik nie zastępuje wymagań norm, lecz stanowi ich techniczne rozwinięcie i interpretację w odniesieniu do procesów przemysłowych, zwłaszcza w instalacjach z atmosferami wybuchowymi.

W niniejszym poradniku skrót ESH odnosi się do zagrożeń elektrostatycznych w kontekście zapłonu atmosfer wybuchowych.

Protection against_B5- PL 60227.indd 5 10.03.2026 09:22:10

ESH - punkt kontrolny



Odniesienia normatywne i dokumentacyjne

Akceptowalne:

- W dokumentacji instalacji wskazano obowiązujące **dyrektywy ATEX** oraz odniesienia do dokumentów dotyczących **zagrożeń elektrostatycznych,**
- Przyjęte rozwiązania techniczne jednoznacznie odniesiono do **IEC/TS 60079-32-1**, właściwych norm PN-EN oraz zostały one uwzględnione **w ocenie ryzyka wybuchowego (ORW),**
- Zakres stosowanych wymagań jest spójny z klasyfikacją stref zagrożenia wybuchem oraz zapisami **Dokumentu Zabezpieczenia Przed Wybuchem (DZPW).**

Nieakceptowalne:

- Wybiórcze stosowanie zapisów norm bez odniesienia do **wyników ORW** i bez analizy całego procesu technologicznego,
- Odwoływanie się do dokumentów **nieaktualnych lub nieadekwatnych** do zakresu instalacji i występujących stref zagrożenia wybuchem,
- Rozbieżności pomiędzy przyjętymi środkami **ochrony ESH a zapisami DZPW.**

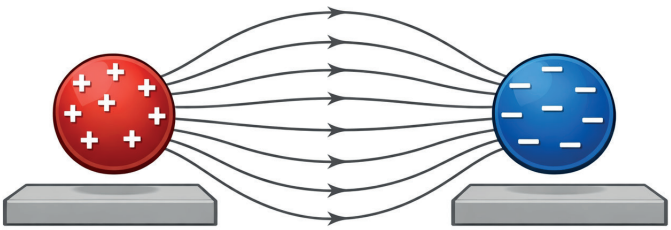
Krytyczne:

- Brak odniesień do zagrożeń elektrostatycznych **w ocenie ryzyka wybuchowego (ORW)** oraz w **Dokumencie Zabezpieczenia Przed Wybuchem (DZPW)** dla instalacji pracujących w strefach zagrożenia wybuchem.

Protection against_B5- PL 60227.indd 6 10.03.2026 09:22:10

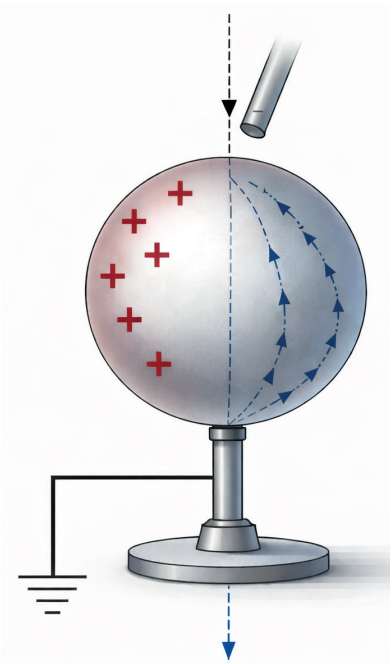
2 Czym jest ładunek elektrostatyczny?

Ładunek elektrostatyczny to nadmiarowy ładunek elektryczny, dodatni lub ujemny o określonej biegunowości, który nie jest skompensowany przez ładunek przeciwnego znaku. Określenie „statyczny" oznacza, że ładunek ten charakteryzuje się ograniczoną ruchliwością, co jest spowodowane małą przewodnością elektryczną materiału lub dużą rezystancją upływu danego obiektu.



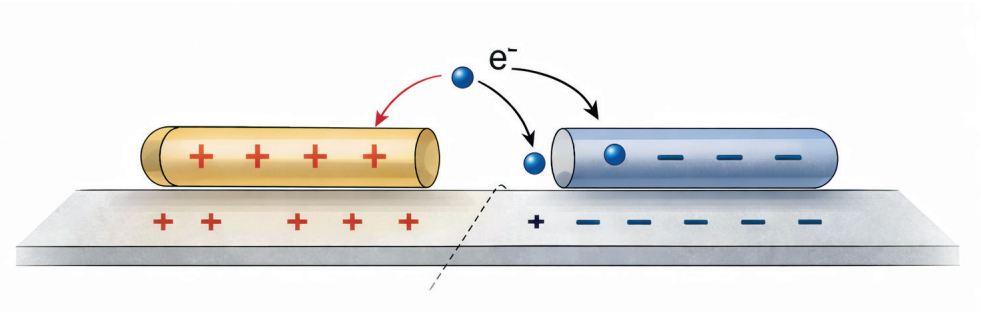
Rysunek 2-1. Schematyczne przedstawienie pola elektrostatycznego pomiędzy obszarami o przeciwnych ładunkach. Akumulacja ładunków prowadzi do powstania różnicy potencjałów, która w sprzyjających warunkach może skutkować wyładowaniem elektrostatycznym.

W środowisku przemysłowym zjawiska elektrostatyczne mają istotne znaczenie ze względu na ich wpływ na bezpieczeństwo procesów, niezawodność urządzeń elektronicznych oraz jakość produktów. Niekontrolowane wyładowania elektrostatyczne mogą powodować uszkodzenia komponentów, zakłócenia pracy systemów, a w skrajnych przypadkach stanowić zagrożenie dla ludzi i infrastruktury doprowadzając do pożarów lub wybuchów.



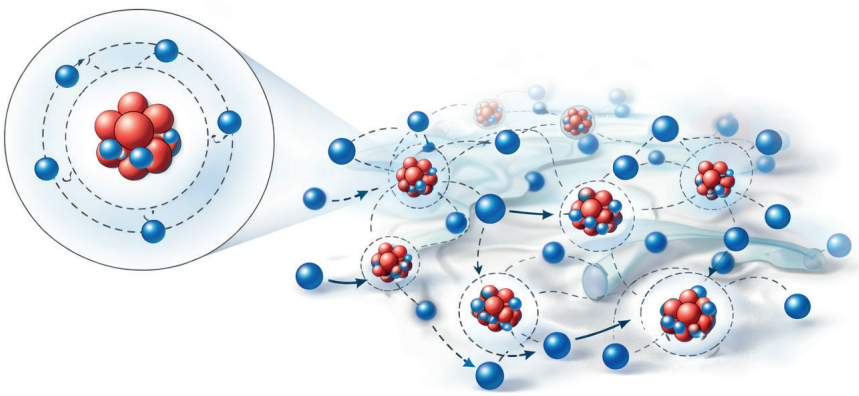
Rysunek 2-2. Po lewej stronie przedstawiono przewodzącą kulę na izolowanym wsporniku, uziemioną. Zbliżenie naelektryzowanego pręta (ładunek ujemny) wywołuje indukcję elektrostatyczną: elektrony są odpychane do uziemienia, a na powierzchni kuli od strony pręta powstaje nadmiar ładunku dodatniego. Strzałki pokazują kierunek ruchu nośników i redystrybucję ładunku. Jest to przykład elektryzowania przez wpływ w obecności uziemienia.

Protection against_B5- PL 60227.indd 7 10.03.2026 09:22:10



Rysunek 2-3.

Na powyższym rysunku pokazano dwa metalowe pręty (lub cylindry): jeden dodatnio, drugi ujemnie naładowany, umieszczone na izolującym podłożu. Zaznaczono transfer elektronów (e^-) pomiędzy obiektami, ilustrujący elektryzowanie przez kontakt oraz wyrównywanie potencjałów. Rozkład znaków „+" i „–" na powierzchniach oraz w podłożu wskazuje na separację ładunku i wpływ indukcji elektrostatycznej w sąsiednich materiałach.



Rysunek 2-4.

Schematyczne przedstawienie struktury atomowej metalu. Widoczne są dodatnio naładowane jądra atomowe (protony i neutrony) oraz elektrony związane na powłokach elektronowych. Zaznaczono również elektrony swobodne, które mogą przemieszczać się pomiędzy atomami w sieci krystalicznej metalu. Ilustracja podkreśla mikroskopowe źródło zjawisk elektrostatycznych i przewodnictwa elektrycznego — ruch elektronów swobodnych odpowiada za redystrybucję ładunku obserwowaną w skali makroskopowej podczas elektryzowania ciał.

Protection against_B5- PL 60227.indd 8 10.03.2026 09:22:10

3 Mechanizmy powstawania ładunków

3.1. Mechanizmy elektryzowania w instalacjach przemysłowych

W instalacjach przemysłowych ładunki elektrostatyczne mogą powstawać w wyniku następujących zjawisk:

- rozdzielania się materiałów,
- tarcia, zderzeń oraz odrywania cząstek,
- przepływu cieczy w rurociągach oraz przez dysze,
- oddzielania się powierzchni stałych.

Zjawiska te prowadzą do elektryzowania materiałów przede wszystkim na skutek elektryzowania kontaktowego i triboelektrycznego, elektryzowania przepływowego oraz indukcji elektrostatycznej. Intensywność generowanych ładunków zależy od właściwości elektrycznych materiałów (przewodności i rezystywności), prędkości względnego ruchu, powierzchni kontaktu, geometrii instalacji, a także warunków środowiskowych. Istotną rolę odgrywa w tym zakresie wilgotność powietrza, wpływająca na zdolność materiałów do gromadzenia i rozpraszania ładunków.



Rysunek 3-1. Powstawanie ładunku elektrostatycznego na ciele człowieka w wyniku tarcia (efekt tryboelektryczny) podczas ruchu pieszego.

W instalacjach poddawanych ocenie w praktyce niewystarczające drogi odprowadzania ładunku, często pomijane przy modernizacjach lub modyfikacjach, prowadziły do istotnego wzrostu akumulacji ładunku na powierzchniach izolacyjnych. W wielu przypadkach przyczyną zwiększonego elektryzowania były pozornie drobne zmiany eksploatacyjne, takie jak wymiana elementów na wykonane z tworzyw sztucznych, zmiana środka czyszczącego lub modyfikacja prędkości pracy instalacji, które nie zostały uwzględnione w pierwotnej ocenie ryzyka.

W przypadku materiałów o wysokiej rezystywności elektrycznej czas relaksacji ładunku może być długi, co sprzyja jego akumulacji na powierzchniach izolacyjnych i zwiększa prawdopodobieństwo wystąpienia wyładowań elektrostatycznych.



Rysunek 3-2. Powstawanie ładunków elektrostatycznych w wyniku efektu tryboelektrycznego podczas przesypu i transportu materiałów sypkich.

Mechanizmy elektryzowania występują ze szczególną intensywnością podczas:

- przepływu cieczy o niskiej przewodności elektrycznej (np. węglowodorów i rozpuszczalników organicznych) w rurociągach, zwłaszcza przy dużych prędkościach przepływu oraz przy gwałtownych zmianach kierunku,

Protection against_B5- PL 60227.indd 9 10.03.2026 09:22:10

- swobodnego wypływu cieczy do zbiornika przed zanurzeniem końcówki przewodu napełniającego, prowadzącego do elektryzowania przepływowego i rozprysku,
- przesypywania materiałów sypkich z dużych wysokości, przez zsypy, leje oraz zasuwy,
- transportu pneumatycznego proszków i pyłów,
- procesów rozdrabniania, mielenia, przesiewania oraz intensywnego mieszania,
- procesów z udziałem dużych powierzchni dielektrycznych, takich jak taśmy transportowe z tworzyw sztucznych, folie, arkusze oraz powłoki izolujące,
- przemieszczania się ludzi po posadzkach o niewłaściwych parametrach elektrostatycznych, w szczególności przy stosowaniu nieodpowiedniego obuwia.



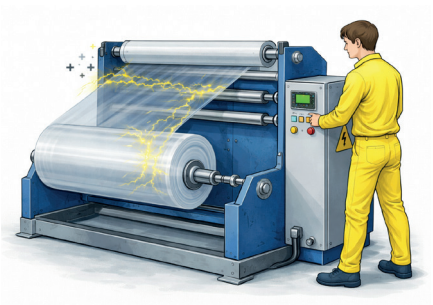
Rysunek 3-3.
Powstawanie ładunków elektrostatycznych w wyniku przepływu cieczy podczas ręcznego opróżniania beczki



Rysunek 3-4.
Powstawanie ładunków elektrostatycznych w wyniku ręcznego wycierania rozlanej cieczy materiałem chłonnym.



Rysunek 3-7.
Powstawanie ładunków elektrostatycznych w wyniku efektu tryboelektrycznego podczas opróżniania elastycznego pojemnika zbiorczego (FIBC)



Rysunek 3-6.
Generowanie ładunków elektrostatycznych wskutek efektu tryboelektrycznego podczas szybkiego przemieszczania się folii polimerowej

Protection against_B5- PL 60227.indd 10 10.03.2026 09:22:11

ESH - punkt kontrolny

Mechanizm elektryzowania



Akceptowalne:

- Źródła elektryzowania zostały zidentyfikowane na etapie projektowania lub analizy procesu technologicznego,
- W ocenie ryzyka uwzględniono właściwości elektryczne materiałów, prędkości przepływu oraz geometrię instalacji,
- Zastosowano środki ograniczające generowanie i akumulację ładunków elektrostatycznych.

Nieakceptowalne:

- Traktowanie elektryzowania jako zjawiska sporadycznego, nieuwzględnianego w normalnej pracy instalacji,
- Pomijanie wpływu prędkości przepływu, wilgotności lub zmian konfiguracji procesu.

Krytyczne:

- Brak identyfikacji źródeł elektryzowania w instalacjach pracujących w strefach zagrożonych wybuchem
- Prowadzenie procesów generujących ładunki elektrostatyczne bez jakichkolwiek środków ograniczających ich akumulację.

3.2. Energia wyładowania a MEZ

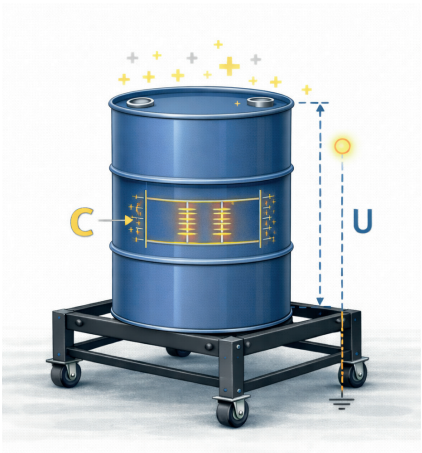
Dla obiektu przewodzącego energia potencjalnego wyładowania elektrostatycznego może być opisana zależnością:

$$E = 0.5 \cdot C \cdot U^2$$

gdzie:
C - pojemność elektryczna obiektu względem ziemi,
U - napięcie obiektu względem ziemi.

Zależność ta określa maksymalną energię zgromadzoną na obiekcie przewodzącym, która w sprzyjających warunkach może zostać uwolniona w wyniku wyładowania elektrostatycznego. W praktyce rzeczywista energia wyładowania może być mniejsza, jednak dla celów oceny ryzyka przyjmuje się podejście konserwatywne.

W ocenach ryzyka wybuchu stosuje się podejście zachowawcze uwzględniające niepewności związane z geometrią wyładowania, warunkami środowiskowymi oraz zmiennością procesu zapłonu.



Rysunek 3-8.
Energia potencjalnego wyładowania elektrostatycznego z obiektu przewodzącego.

Protection against_B5- PL 60227.indd 11 10.03.2026 09:22:11



Rysunek 3-9.
Iskrowe wyładowanie elektrostatyczne z naładowanego obiektu przewodzącego do osoby.

Minimalna energia zapłonu (MEZ) oznacza najmniejszą energię zdolną, w warunkach badań normatywnych, do zapłonu najbardziej zapalnej mieszaniny danego materiału z powietrzem.

W analizach przyjmuje się, że możliwość zapłonu może wystąpić, gdy energia potencjalnego wyładowania elektrostatycznego spełnia zależność: **Ww ≥ 0,1 · MEZ** co odpowiada zastosowaniu współczynnika bezpieczeństwa **k ≈ 0,1**. Zależność ta odnosi się do wyładowań z obiektów przewodzących. W przypadku materiałów izolacyjnych oraz powierzchni dielektrycznych mechanizmy wyładowań i dostępne energie mogą mieć odmienny charakter i wymagają odrębnej oceny.

Im mniejsza wartość MEZ oraz im większa pojemność elektryczna obiektu i napięcie jego naelektryzowania, tym większe jest ryzyko zapłonu mieszaniny palnej.

ESH - punkt kontrolny

Energia wyładowania i MEZ

Akceptowalne:

- Ocena ryzyka zapłonu uwzględnia relację pomiędzy możliwą energią wyładowania elektrostatycznego a minimalną energią zapłonu (MEZ) atmosfery wybuchowej,
- Uwzględniono pojemność elektryczną obiektów oraz czas relaksacji ładunku,
- Zastosowano współczynniki bezpieczeństwa zgodne z dobrą praktyką inżynierską

Nieakceptowalne:

- Ocena zagrożenia oparta wyłącznie na wartościach orientacyjnych, bez odniesienia do rzeczywistego procesu technologicznego,
- Nieuwzględnianie zmian materiałów lub parametrów technologicznych,
- Brak rozróżnienia pomiędzy różnymi rodzajami wyładowań elektrostatycznych.

Krytyczne:

- Prowadzenie procesów, w których możliwa energia wyładowania może przekroczyć MEZ, bez zastosowania środków ograniczających ryzyko zapłonu,
- Nieuwzględnianie długiego czasu relaksacji ładunku w układach izolowanych.

Protection against_B5- PL 60227.indd 12 10.03.2026 09:22:11

W takich przypadkach konieczne jest stosowanie odpowiednich środków ochronnych, w szczególności uziemienia, właściwego doboru materiałów oraz odpowiednich procedur eksploatacyjnych.

3.3. Czas relaksacji ładunku

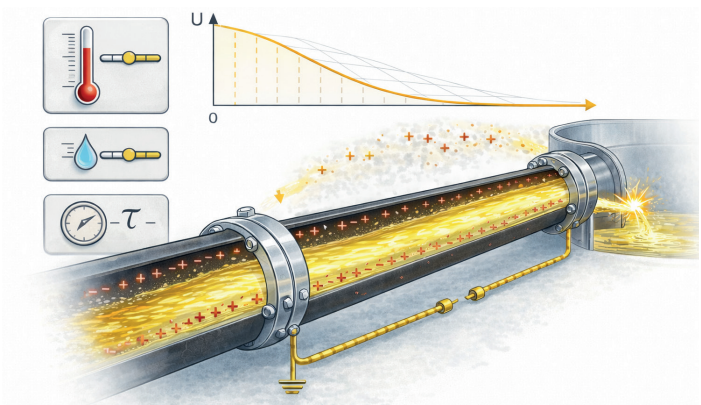
Zanik stanu naelektryzowania obiektu opisuje tzw. czas relaksacji ładunku, określony zależnością:

$$\tau = R \cdot C$$

gdzie:
R - rezystancja upływu do ziemi,
C - pojemność elektryczna obiektu.

Czas relaksacji określa szybkość odprowadzania ładunku elektrostatycznego z obiektu. Z punktu widzenia bezpieczeństwa przeciwwybuchowego korzystne są układy o krótkim czasie relaksacji, rzędu poniżej 0,1 s, ponieważ ładunek jest wówczas odprowadzany na bieżąco i nie zdąża nagromadzić się do poziomu istotnego w odniesieniu do minimalnej energii zapłonu (MEZ).

Duże wartości rezystancji upływu, rzędu 10^9-10^{11} Ω, przy pojemnościach rzędu kilkuset pikofaradów, powodują utrzymywanie się wysokich napięć



Rysunek 3-10. Relaksacja ładunku elektrostatycznego oraz zanikanie napięcia na obiekcie w funkcji rezystancji upływu i pojemności.

elektrostatycznych, sięgających kilkunastu kilowoltów, przez dziesiątki sekund. W takich warunkach pojedyncze wyładowanie elektrostatyczne może osiągać energie porównywalne z minimalną energią zapłonu wielu cieczy palnych i pyłów.

Należy podkreślić, że czas relaksacji zależy od ciągłości i jakości całej drogi upływu ładunku do ziemi. Przerwy w uziemieniu, obecność powłok izolacyjnych, uszczelek lub zanieczyszczeń mogą istotnie zwiększać rezystancję upływu, a tym samym wydłużać czas utrzymywania się niebezpiecznych napięć elektrostatycznych.

Protection against_B5- PL 60227.indd 13 10.03.2026 09:22:11

ESH - punkt kontrolny

Czas relaksacji ładunku

Akceptowalne:

- Zapewniono drogi odpływu ładunku umożliwiające jego rozpraszanie w czasie istotnym dla bezpieczeństwa,
- Parametry rezystancyjne elementów instalacji są znane i kontrolowane,
- Uwzględniono wpływ rezystywności powierzchni izolacyjnych na akumulację ładunku.

Nieakceptowalne:

- Brak świadomości czasu utrzymywania się ładunku na powierzchniach izolacyjnych,
- Nieuwzględnianie wpływu rezystywności materiałów na akumulację ładunku,
- Nieuwzględnianie wpływu starzenia się materiałów i zabrudzeń.

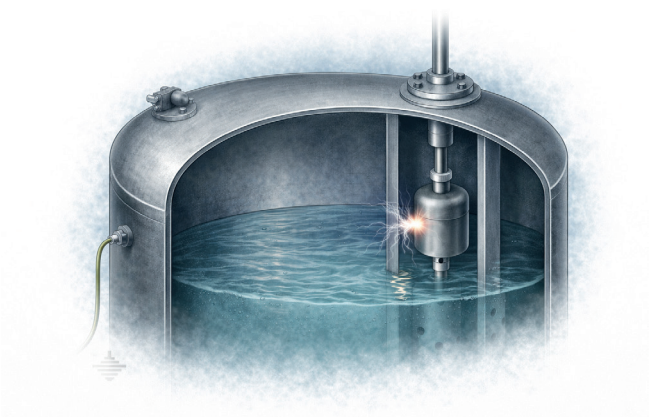
Krytyczne:

- Długotrwałe utrzymywanie się wysokich napięć elektrostatycznych w obecności atmosfer wybuchowych.

3.4. Rodzaje wyładowań elektrostatycznych

W kontekście bezpieczeństwa przeciwwybuchowego kluczowe znaczenie mają wyładowania elektrostatyczne, które mogą stanowić skuteczne źródło zapłonu atmosfer wybuchowych. Do najistotniejszych należą wyładowania iskrowe, szczotkowe oraz propagujące szczotkowe, a w przypadku przemysłu sypkiego również wyładowania stożkowe.

Wyładowania iskrowe występują pomiędzy obiektami przewodzącymi lub pomiędzy obiektem przewodzącym a ziemią, jeżeli co najmniej jeden z obiektów jest odizolowany elektrycznie od ziemi i nastąpi nagromadzenie znacznej różnicy potencjałów. Charakteryzują się krótkim czasem trwania i dużą energią, dlatego są uznawane

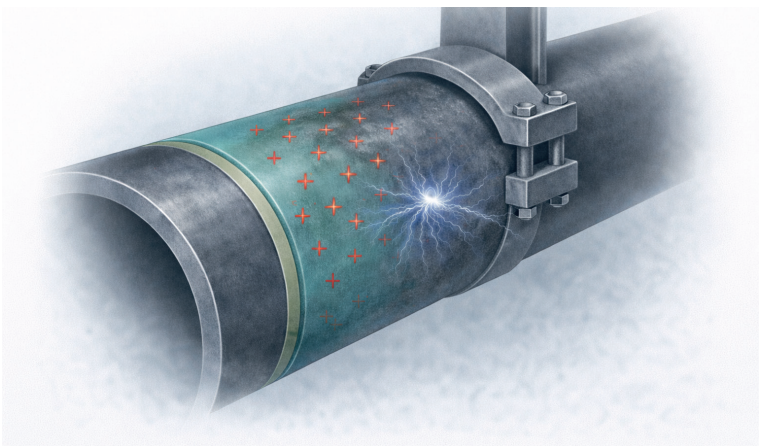


Rysunek 3-12. Wyładowanie iskrowe zachodzące pomiędzy elektrycznie odizolowanym elementem pomiaru poziomu a uziemioną rurą uspokajającą wewnątrz metalowego zbiornika magazynowego, spowodowane wysoką różnicą potencjałów elektrostatycznych na niewielkiej szczelinie powietrznej.

Protection against_B5- PL 60227.indd 14 10.03.2026 09:22:12

za najbardziej niebezpieczny rodzaj wyładowań elektrostatycznych. Skuteczne uziemienie i wyrównanie potencjałów znacznie ogranicza ich wystąpienie.

Wyładowania szczotkowe (snopiaste) pojawiają się na powierzchniach materiałów izolacyjnych lub słabo przewodzących. Z reguły nie są zdolne do zapłonu większości pyłów palnych, jednak mogą stanowić skuteczne źródło zapłonu par cieczy palnych i gazów, zwłaszcza o niskiej minimalnej energii zapłonu (np. grupy IIB i IIC).



Rysunek 3-13.
Wyładowanie szczotkowe na izolacyjnej powłoce uziemionego metalowego rurociągu, charakteryzujące się rozproszonym, niskoenergetycznym wyładowaniem elektrostatycznym z powierzchni.

Wyładowania propagujące szczotkowe (snopisaste) występują na cienkich warstwach materiałów izolacyjnych naniesionych na podłoża przewodzące. Mają charakter rozproszony i ograniczoną energię. Objawiają się jako jasno świecący kanał na powierzchni materiału izolacyjnego, gdy warstwa dielektryczna o grubości do ok. 8 mm, znajdująca się np. na uziemionym podłożu metalowym, ulega silnemu naelektryzowaniu. Na obu stronach warstwy powstają ładunki przeciwnych znaków. Charakteryzują się gwałtownym rozprzestrzenianiem wyładowania po powierzchni materiału i mogą osiągać energie znacznie większe niż typowe wyładowania szczotkowe, przez co są uznawane za szczególnie niebezpieczne w kontekście zapłonu atmosfer wybuchowych.



Rysunek 3-14.
Przykład propagującego wyładowania szczotkowego występującego na cienkim elemencie izolacyjnym łączącym elementy przewodzące.

Protection against_B5- PL 60227.indd 15 10.03.2026 09:22:12

Zagrożenie to dotyczy w szczególności cienkich warstw izolacyjnych na podłożach metalowych. Przyjmuje się, że ryzyko wystąpienia wyładowań propagujących szczotkowych istotnie wzrasta, gdy grubość warstwy dielektrycznej maleje (zwykle < 2–4 mm); w niektórych przypadkach obserwowano je także dla warstw o grubości do ok. 8 mm.

W praktyce audytowej wyładowania propagujące szczotkowe należą do najczęściej pomijanych zagrożeń, szczególnie w starszych instalacjach, gdzie cienkie powłoki lakiernicze lub ochronne były nanoszone bez analizy ich właściwości elektrostatycznych.

W instalacjach przemysłu sypkiego dodatkowe zagrożenie mogą stanowić wyładowania stożkowe, powstające podczas napełniania silosów i zbiorników materiałami sypkimi. Wyładowania te mogą posiadać energię wystarczającą do zapłonu chmury pyłu.

Rodzaj wyładowania	Typowe źródło / warunki	Potencjał zapłonowy	Uwagi istotne w AZP
Iskrowe	Obiekty przewodzące, co najmniej jeden izolowany od ziemi	Wysoki	Najbardziej niebezpieczne; skuteczne uziemienie i wyrównanie potencjałów eliminuje ryzyko
Szczotkowe	Powierzchnie izolacyjne, tworzywa sztuczne	Średni	Z reguły nie zapalają pyłów; są natomiast niebezpieczne dla par cieczy palnych i gazów. W przypadku pyłów o bardzo niskiej minimalnej energii zapłonu nie można jednak tego całkowicie wykluczyć.
Propagujące szczotkowe	Cienkie warstwy izolacyjne na podłożu przewodzącym	Wysoki	Szczególnie niebezpieczne; mogą zapalać pary i niektóre pyły
Stożkowe	Napełnianie silosów, zsypy materiałów sypkich	Średnio-wysoki	Istotne w przemyśle pyłowym; możliwy zapłon chmury pyłu
Koronowe	Ostre krawędzie, wysokie napięcia	Niski	Zwykle pomijalne; możliwe znaczenie przy bardzo niskiej MEZ (np. wodór)

Tabela 1. Rodzaje wyładowań elektrostatycznych a ryzyko zapłonu

ESH - punkt kontrolny



Rodzaje wyładowań elektrostatycznych

Akceptowalne:

- W analizie ryzyka rozróżniono rodzaje wyładowań elektrostatycznych istotne dla danego procesu technologicznego,
- Uwzględniono ich potencjał zapłonowy w odniesieniu do rodzaju atmosfery wybuchowej.

Nieakceptowalne:

- Traktowanie wszystkich wyładowań elektrostatycznych jako jednakowo groźnych lub jednakowo niegroźnych.

Krytyczne:

- Ignorowanie wyładowań iskrowych oraz wyładowań szczotkowych propagujących w strefach zagrożonych wybuchem.

Protection against_B5- PL 60227.indd 16 10.03.2026 09:22:12

Inne formy wyładowań elektrostatycznych, takie jak wyładowania koronowe, ze względu na bardzo niską energię z reguły nie są uznawane za skuteczne źródło zapłonu atmosfer wybuchowych. W szczególnych przypadkach, przy obecności atmosfer o ekstremalnie niskiej minimalnej energii zapłonu (np. wodoru), nie można jednak całkowicie wykluczyć ich znaczenia zapłonowego.

3.5. Klasyfikacja materiałów z punktu widzenia ESH (uproszczona)

Na podstawie normy **PN-EN 13237** materiały stosowane w instalacjach przemysłowych dzieli się, z punktu widzenia zagrożeń elektrostatycznych, na następujące grupy:

- **materiały przewodzące** - rezystywność objętościowa **poniżej 10^5 Ω·m** oraz rezystancja powierzchniowa poniżej **10^5 Ω**,
- **materiały rozpraszające** - rezystywność objętościowa **od 10^5 do poniżej 10^9 Ω·m** oraz rezystancja powierzchniowa **od 10^5 do poniżej 10^{12} Ω**,
- **materiały izolujące** - rezystywność objętościowa co najmniej **10^9 Ω·m** oraz rezystancja powierzchniowa co najmniej **10^{12} Ω**. Z kolei IEC/TS 60079-32-1 przyjmuje, że materiał jest izolacyjny, jeśli jego rezystancja powierzchniowa przekracza **10^{11}** Ω (przy 23% RH).

Dla elementów takich jak posadzki, obuwie i rękawice ochronne przyjmuje się orientacyjnie:

- **przewodzące** - $R < 10^5$ Ω,
- **rozpraszające** - 10^5 Ω ≤ R < 10^8-10^9 Ω (zakres zależny od funkcji i właściwej normy),
- **izolujące** - R ≥ 10^8-10^9 Ω.

W strefach zagrożonych wybuchem preferuje się:

- **posadzki** o rezystancji upływu typowo w zakresie **10^5-10^8 Ω,**
- **obuwie o rezystancji 10^5-10^8 Ω**, przy czym obuwie „antystatyczne" dopuszczone do 10^9 Ω zgodnie z PN-EN ISO 20345 często wymaga dodatkowej weryfikacji w konkretnych warunkach eksploatacji.



Rysunek 3-14.

Uproszczona ilustracja klasyfikacji materiałów ESH: przewodzące (A), dysypacyjne (B) oraz izolacyjne (C). Podkreślenie roli ciągłości systemowej od ciała człowieka poprzez odzież, obuwie i posadzkę do ziemi w kontroli akumulacji ładunków elektrostatycznych.

Protection against_B5- PL 60227.indd 17 10.03.2026 09:22:12

Obszar / proces	Przykład operacji	Główne źródło ładunku	Kluczowe środki ochrony ESH
Nalewanie cieczy palnych	Napełnianie zbiornika z rozpuszczalnikiem z poziomu estakady	Swobodny wypływ cieczy, rozbicie strumienia	Uziemienie zbiornika i linii, ograniczenie prędkości w fazie swobodnej, szybkie zanurzenie przewodu, monitoring uziemienia
Rozładunek cystern drogowych	Rozładunek paliwa do zbiornika magazynowego	Przepływ cieczy w rurociągu i na króćcach	System monitorowania uziemienia cysterny, blokada pomp przy braku uziemienia, ograniczenie prędkości przepływu
Przesypywanie proszków	Zasyp big-bagów do mieszalnika	Tarcie cząstek o ścianki i o siebie	Uziemienie mieszalnika i konstrukcji, dobór właściwego typu FIBC, ograniczenie wysokości zrzutu, kontrola wilgotności
Transport pneumatyczny proszków	Transport mąki / proszku chemicznego do silosu	Tarcie cząstek w rurociągu	Rurociągi przewodzące lub rozpraszające, ciągłe uziemienie, kontrola prędkości medium transportującego
Filtry workowe	Odpylanie linii produkcyjnej	Uderzanie cząstek o tkaninę filtracyjną	Uziemione obudowy filtrów, tkaniny filtracyjne o właściwościach rozpraszających, kontrola osadów
Duże powierzchnie dielektryczne	Rozwijanie folii na linii pakującej	Kontakt i rozdzielanie folii z rolki	Jonizatory nad linią, materiały rozpraszające, uziemienie metalowych elementów toru transportu
Ruch ludzi w strefach zagrożenia wybuchem	Wejście/wyjście operatorów do strefy 1 oraz 21 zagrożenia wybuchem	Chodzenie po posadzce, zmiana odzieży	Posadzki rozpraszające, obuwie o odpowiedniej rezystancji, testery obuwia przy wejściu, odzież antyelektrostatyczna
Prace konserwacyjne	Czyszczenie i rozbieranie aparatu w strefie zagrożenia wybuchem	Tarcie, kontakt narzędzi z powierzchniami	Uziemienie aparatu i narzędzi, odpowiednie obuwie i odzież, kontrola obecności cieczy palnych, właściwa organizacja prac

Tabela 2. Przykładowe procesy i zalecane środki ochrony ESH

Szczegółowe wartości graniczne należy każdorazowo ustalać na podstawie właściwych norm oraz parametrów konkretnych substancji i procesów. W strefach zagrożonych wybuchem dąży się do stosowania materiałów przewodzących lub rozpraszających, pod warunkiem zapewnienia ich trwałego i pewnego połączenia z układem uziemiającym. Należy przy tym uwzględniać, że właściwości elektrostatyczne materiałów mogą ulegać zmianie w czasie, m.in. na skutek zużycia, zabrudzenia lub wpływu warunków środowiskowych.

Podsumowanie

O ryzyku zapłonu decyduje nie tylko obecność ładunku elektrostatycznego, lecz również energia możliwego wyładowania w relacji do minimalnej energii zapłonu (MEZ) oraz czas, przez jaki ładunek może się gromadzić. Kluczowe znaczenie mają pojemność elektryczna obiektu, rezystancja toru upływu do ziemi oraz własności elektryczne zastosowanych materiałów.

Najczęściej popełniane błędy:

- nieuwzględnianie procesów elektryzowania na etapie projektowania instalacji,
- traktowanie elektryzacji jako zjawiska incydentalnego, a nie ciągłego,
- pomijanie wpływu prędkości przepływu, wilgotności i geometrii instalacji,
- nieuwzględnianie człowieka jako potencjalnego źródła ładunku elektrostatycznego.

Protection against_B5- PL 60227.indd 18 10.03.2026 09:22:13

4 Uziemianie i wyrównywanie potencjałów

4.1. Rola uziemienia

Uziemianie elementów przewodzących stanowi **podstawowy środek ochrony** przed zapłonem elektrostatycznym w instalacjach przemysłowych. Jego zasadniczym zadaniem jest zapewnienie szybkiego i kontrolowanego odprowadzania ładunków elektrostatycznych powstających na powierzchniach metalowych, zanim osiągną one poziom mogący prowadzić do niebezpiecznych wyładowań.



Rysunek 4-1.

Uziemienie oraz połączenia wyrównawcze metalowego zbiornika. Zbiornik jest uziemiony za pomocą taśmy uziemiającej oraz wyposażony w połączenia wyrównawcze na połączeniach kołnierzowych w celu zapewnienia ciągłości elektrycznej i bezpiecznego odprowadzania ładunków elektrostatycznych.

W kontekście zagrożeń elektrostatycznych połączenia wyrównawcze i uziemienie pełnią różne, lecz uzupełniające się funkcje. Połączenia wyrównawcze służą do eliminacji różnic potencjałów pomiędzy elementami przewodzącymi i zapobiegania wyładowaniom iskrowym. Uziemienie zapewnia drogę odpływu ładunku do ziemi, lecz samo w sobie nie zapobiega wyładowaniom, jeżeli nie zapewniono właściwej ekwipotencjalizacji.

W szczególności uziemienie umożliwia:

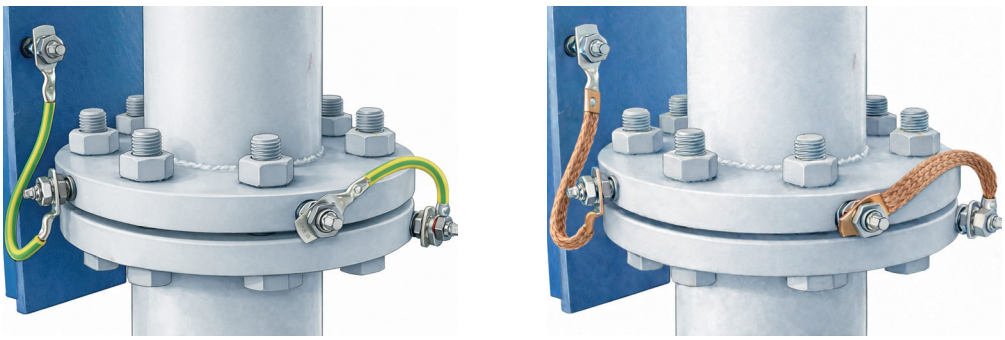
- szybkie i kontrolowane odprowadzanie ładunków elektrostatycznych,
- zapobieganie akumulacji potencjału elektrycznego, który mógłby doprowadzić do wyładowania iskrowego,
- wyrównanie potencjałów pomiędzy poszczególnymi elementami instalacji oraz ziemią.

Protection against_B5- PL 60227.indd 19 10.03.2026 09:22:13

Skuteczny system uziemienia charakteryzuje się:

- niską rezystancją toru uziemienia,
- ciągłością elektryczną wszystkich połączeń,
- odpornością połączeń na korozję oraz uszkodzenia mechaniczne,
- potwierdzoną skutecznością, udokumentowaną wynikami pomiarów kontrolnych.

Należy podkreślić, że skuteczność uziemienia musi być zapewniona **w całym okresie eksploatacji instalacji.** Przerwy w ciągłości połączeń, obecność powłok izolacyjnych, korozja lub niewłaściwie wykonane połączenia mogą istotnie ograniczać zdolność odprowadzania ładunków elektrostatycznych. W przypadku procesów dynamicznych lub operacji okresowych (np. rozładunek cystern) szczególne znaczenie ma stosowanie rozwiązań umożliwiających bieżącą kontrolę stanu uziemienia.



Rysunek 4-2.

Połączenie wyrównawcze na połączeniu kołnierzowym. Elastyczne przewody wyrównawcze (przewód lub taśma pleciona) są zainstalowane na połączeniu kołnierzowym w celu zapewnienia połączenia wyrównawczego i zapobiegania wyładowaniom elektrostatycznym.

4.2. Rezystancja połączeń i wymagania techniczne

W większości procesów przemysłowych, w szczególności prowadzonych w strefach zagrożonych wybuchem, przyjmuje się, że całkowita rezystancja toru uziemienia, liczona od chronionego elementu do uziomu, nie powinna przekraczać 10 Ω. Wymaganie to dotyczy zarówno elementów instalacji stacjonarnych, jak i elementów mobilnych, podłączanych do systemu uziemienia za pomocą zacisków uziemiających.

Przyjęcie wartości granicznej 10 Ω jest zgodne z powszechną praktyką przemysłową. Wartość 10 Ω jest również standardem dla certyfikowanych systemów monitorowania uziemienia oraz jest wystarczająca do zapewnienia szybkiego i skutecznego odprowadzania ładunków elektrostatycznych w typowych warunkach eksploatacyjnych.

Kryterium 10 Ω stosuje się jako praktyczny próg weryfikacji jakości połączenia (kontakt/korozja/luz), niezależnie od tego, że z punktu widzenia samego rozładowania ładunku często wystarczy również wyższa rezystancja - o ile jest stabilna i kontrolowana. Podczas kontroli instalacji

Protection against_B5- PL 60227.indd 20 10.03.2026 09:22:13

wielokrotnie stwierdzano, że wzrost rezystancji toru uziemienia następował stopniowo w wyniku korozji, zabrudzeń lub luzowania zacisków, bez wyraźnych objawów widocznych dla obsługi.

Przyjęcie granicznej wartości 10 Ω jest:

- zgodne z obowiązującą i powszechnie uznaną praktyką przemysłową;
- zgodne z zakresem eksploatacyjnym typowych certyfikowanych systemów monitorowania uziemienia;
- wystarczające do zapewnienia szybkiego i skutecznego odprowadzania ładunków elektrostatycznych w normalnych warunkach eksploatacji.

W praktyce szczególną uwagę należy zwrócić na:

- właściwe przygotowanie i czystość powierzchni stykowych,
- prawidłowy dobór zacisków, obejm i przewodów uziemiających,
- zabezpieczenie połączeń przed korozją i zabrudzeniami,
- unikanie powłok izolujących w miejscach połączeń,
- regularne wykonywanie pomiarów ciągłości połączeń oraz rezystancji toru uziemienia.

Należy podkreślić, że spełnienie wymagania dotyczącego rezystancji toru uziemienia ma znaczenie wyłącznie wówczas, g**dy połączenia są trwałe i niezawodne w całym okresie eksploatacji**. Poluzowanie zacisków, korozja, osady lub okresowe przerwy w połączeniu mogą prowadzić do chwilowej utraty skuteczności uziemienia, mimo formalnie poprawnych wyników wcześniejszych pomiarów.



Zdjęcia 4-3.

Przykłady nieprawidłowych połączeń uziemiających: zaciski krokodylkowe oraz inne rozwiązania tymczasowe nie zapewniają trwałego ani elektrycznie niezawodnego połączenia. Ograniczona powierzchnia styku oraz podatność na poluzowanie, zanieczyszczenie i korozję powodują niestabilną rezystancję i okresową utratę skuteczności uziemienia. Takie rozwiązania nie spełniają wymagań dla stałych połączeń wyrównawczych i nie powinny być stosowane w instalacjach przemysłowych.

Duża, płaska powierzchnia styku, korzystna przy przenoszeniu wysokich prądów w układach prądowych o dużych natężeniach, stanowi wadę w przypadku wykorzystania w systemach uziemień elektrostatycznych,

Protection against_B5- PL 60227.indd 21 10.03.2026 09:22:13

ponieważ nie jest w stanie w sposób niezawodny przebić warstw farby, korozji ani pozostałości produktu. W konsekwencji kontakt elektryczny może być niestabilny i stwarzać fałszywe poczucie bezpieczeństwa.



Zdjęcia 4-4.

Standardowe zaciski spawalnicze i krokodylkowe, często stosowane do uziemienia elektrostatycznego poza swoim przeznaczeniem, nie mają potwierdzonej skuteczności w ochronie ESH, zwłaszcza w procesach wysokiego ryzyka. Wykonane z materiałów podatnych na uszkodzenia i degradację, nie zapewniają niezawodnego uziemienia w warunkach przemysłowych.



Zdjęcia 4-5.

Do uziemienia należy stosować wyłącznie wysokiej jakości zaciski ze stali nierdzewnej, takie jak STUVEX Safe-Ground CMS1. Utwardzane szczęki z ostrymi zębami zapewniają przebicie powłok i stabilny kontakt metal–metal, gwarantując niską rezystancję (< 10 Ω), skuteczne odprowadzanie ładunków elektrostatycznych oraz niezawodne działanie w środowiskach korozyjnych i strefach ATEX.

W praktyce przemysłowej czyszczenie punktów połączeń wyrównawczych przed każdą operacją nie jest ani praktyczne, ani dopuszczalne. Jeżeli zacisk nie jest w stanie zapewnić bezpośredniego i trwałego kontaktu metal–metal, nie może zagwarantować bezpiecznego odprowadzania ładunków elektrostatycznych. Z tego właśnie względu proste zaciski spawalnicze oraz krokodylkowe nie są odpowiednie do uziemienia elektrostatycznego zgodnie z wymaganiami odpowiednich norm.

Protection against_B5- PL 60227.indd 22 10.03.2026 09:22:14

4.3. Integracja z uziomem obiektu i połączenia wyrównawcze

System uziemienia elektrostatycznego powinien być zintegrowany **z istniejącym systemem uziemień obiektu,** w szczególności z:

- uziemieniem ochronnym instalacji elektrycznej,
- instalacją odgromową,
- uziomem fundamentowym lub otokowym budynku.

Wszystkie metalowe elementy instalacji technologicznej, takie jak zbiorniki, aparaty, rurociągi oraz konstrukcje wsporcze, powinny być objęte systemem **połączeń wyrównawczych**, a następnie połączone z uziomem obiektu w sposób trwały, ciągły i odporny na warunki eksploatacyjne. Celem połączeń wyrównawczych jest eliminacja różnic potencjałów pomiędzy poszczególnymi elementami instalacji, które mogłyby prowadzić do wyładowań iskrowych.

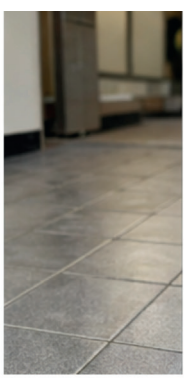
Należy podkreślić, że uziemienie nie zapobiega powstawaniu ładunków elektrostatycznych, lecz umożliwia ich szybkie i bezpieczne odprowadzenie, zanim zgromadzona energia osiągnie poziom zdolny do zapłonu mieszaniny palnej. W praktyce kluczowe znaczenie ma nie tylko połączenie z ziemią, ale przede wszystkim skuteczne wyrównanie potencjałów pomiędzy wszystkimi elementami instalacji.

Jako praktyczne kryterium skuteczności uziemienia przyjmuje się, że rezystancja toru uziemienia liczona od elementu przewodzącego do uziomu nie powinna przekraczać 10 Ω. Wartość ta ma charakter orientacyjny i powinna być traktowana jako element całościowej oceny skuteczności systemu uziemienia.

Najczęściej popełniane błędy:

- brak ciągłości połączeń uziemiających lub ich przypadkowe rozłączanie,
- stosowanie połączeń uziemiających bez kontroli ich rezystancji,
- traktowanie konstrukcji metalowej jako uziemionej bez potwierdzenia pomiarami,
- nieuwzględnianie elementów mobilnych i tymczasowych w systemie uziemienia.



Protection against_B5- PL 60227.indd 23 10.03.2026 09:22:15

ESH - punkt kontrolny



Uziemianie i wyrównanie potencjałów

Akceptowalne:

- Uziemienie zapewnia trwałą i ciągłą drogę odprowadzania ładunków elektrostatycznych,
- Rezystancja toru uziemienia jest potwierdzona pomiarami i nie przekracza 10 Ω,
- Połączenia uziemiające są odporne na korozję oraz uszkodzenia mechaniczne.

Nieakceptowalne:

- Brak potwierdzenia skuteczności uziemienia na podstawie pomiarów,
- Stosowanie połączeń prowizorycznych, tymczasowych lub nietrwałych.

Krytyczne:

- Prowadzenie operacji technologicznych bez zapewnienia skutecznego uziemienia,
- Możliwość utraty połączenia uziemiającego bez automatycznego zatrzymania procesu lub zastosowania środków równoważnych.

Element / obiekt	Parametr	Zakres zalecany (orientacyjny)	Cel / komentarz
Tor uziemienia elementu przewodzącego	Rezystancja toru do uziomu	R ≤ 10 Ω	Kryterium projektowe i odbiorowe dla elementów metalowych w strefach zagrożenia wybuchem oraz przy operacjach z mediami palnymi.
Połączenia lokalne (zacisk - beczka itp.)	Rezystancja połączenia lokalnego	R ≤ 10 Ω	Wzrost powyżej 10 Ω może wskazywać korozję, zabrudzenia lub złą jakość styku.
Posadzka w strefie zagrożenia wybuchem	Rezystancja upływu Ru	typowo 10^5 - 10^8 Ω	Zakres rozpraszający: umożliwia odprowadzenie ładunku, bez tworzenia zbyt niskiej impedancji.
Obuwie ochronne w strefie zagrożenia wybuchem	Rezystancja obuwia	zalecane 10^5 - 10^8 Ω	Obuwie „antystatyczne” dopuszczone do 10^9 Ω należy weryfikować pod kątem przydatności dla stref zagrożenia wybuchem.
Odzież ochronna	Rezystancja powierzchniowa tkaniny	wg norm ESD, zwykle ≤ 10^9 Ω	Tkaniny z włóknami przewodzącymi lub mieszanki z włóknami naturalnymi; parametry wg odpowiednich norm.
Powłoki rozpraszające na dielektrykach	Rezystancja powierzchniowa / upływu	zazwyczaj 10^5 - 10^9 Ω	Muszą być połączone z uziemieniem i kontrolowane w czasie (starzenie, ścieranie, mycie).
Rurociągi przewodzące	Rezystancja przejścia między odcinkami	rząd pojedynczych Ω na odcinek	Wymagane mostkowanie wstawek elastycznych, kompensatorów i odcinków izolowanych.
Węże elastyczne antystatyczne	Rezystancja węża (koniec-koniec)	wg danych producenta, często ≤ 1 MΩ	Ograniczają gromadzenie ładunku wewnątrz; węże izolujące nie powinny być stosowane w newralgicznych strefach.

Tabela 3. Zalecane zakresy rezystancji dla elementów instalacji

Protection against_B5- PL 60227.indd 24 10.03.2026 09:22:15

5 Transport i nalewanie cieczy palnych

W instalacjach, w których transportowane i nalewane są ciecze palne o niskiej przewodności elektrycznej, powstawanie ładunków elektrostatycznych jest szczególnie intensywne podczas:

- przepływu cieczy przez rurociągi i armaturę przy dużych prędkościach,
- wprowadzania cieczy do zbiornika w postaci swobodnego strumienia, przed zanurzeniem końcówki przewodu napełniającego,
- powstawania rozprysku cieczy i zawirowań w miejscu jej wprowadzenia do zbiornika.

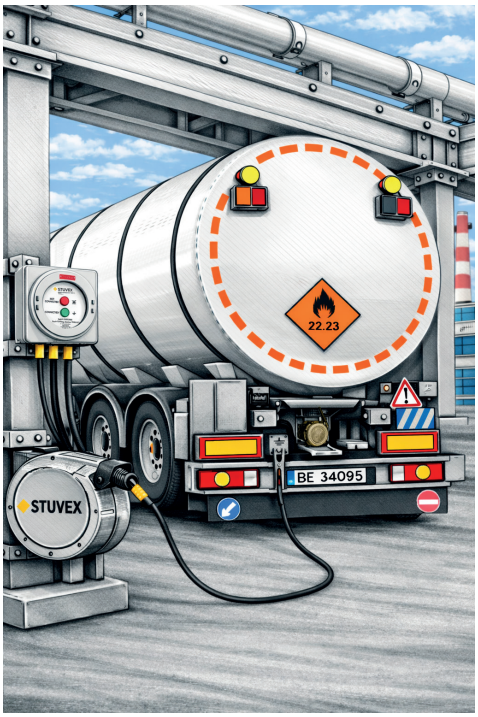
Zgodnie z wymaganiami IEC/TS 60079-32-1 oraz dobrą praktyką inżynierską:

- w fazie swobodnego wypływu cieczy prędkość przepływu nie powinna przekraczać około 1 m/s,
- w przypadku cieczy o bardzo niskiej minimalnej energii zapłonu (MEZ ≤ 0,1 mJ) stosuje się bardziej rygorystyczne ograniczenia prędkości - zgodnie z tabelami/zaleceniami IEC/TS 60079-32-1 oraz procedurą technologiczną.
- po zanurzeniu końcówki przewodu w cieczy prędkość przepływu może zostać zwiększona zgodnie z wymaganiami instrukcji technologicznej,
- zbiornik oraz rurociąg doprowadzający ciecz powinny być uziemione przed rozpoczęciem operacji napełniania i pozostawać uziemione przez cały czas jej trwania.

W praktyce odstępstwa od tych zasad najczęściej występują podczas operacji krótkotrwałych lub niestandardowych, w których uziemienie traktowane jest jako formalność, a nie jako aktywny warunek procesu.

Podane wartości prędkości mają charakter orientacyjny i każdorazowo powinny być weryfikowane w odniesieniu do właściwości fizykochemicznych cieczy, geometrii instalacji oraz warunków eksploatacyjnych.

Protection against_B5- PL 60227.indd 25 10.03.2026 09:22:15



Rysunek 5-1.

System monitorowania uziemienia do załadunku i rozładunku cystern samochodowych. Zainstalowany jest w punkcie przeładunku w celu weryfikacji skutecznego uziemienia cysterny samochodowej przed rozpoczęciem oraz w trakcie załadunku lub rozładunku cieczy. Wskazania wizualne informują o stanie uziemienia, natomiast blokady techniczne uniemożliwiają rozpoczęcie lub kontynuację operacji przeładunkowych, jeżeli połączenie uziemiające nie spełnia wymaganych kryteriów bezpieczeństwa.

Dodatkowo:

- zbiornik, z którego ciecz jest pobierana, oraz zbiornik odbiorczy muszą być uziemione przed rozpoczęciem operacji i pozostawać uziemione przez cały czas jej trwania,
- zabrania się podłączania lub odłączania zacisków uziemiających w trakcie przepływu cieczy,
- w instalacjach o podwyższonym ryzyku (niska MEZ, strefy 0/1) zaleca się stosowanie systemów monitorowania uziemienia, które blokują pracę pomp w przypadku niespełnienia kryteriów rezystancji.

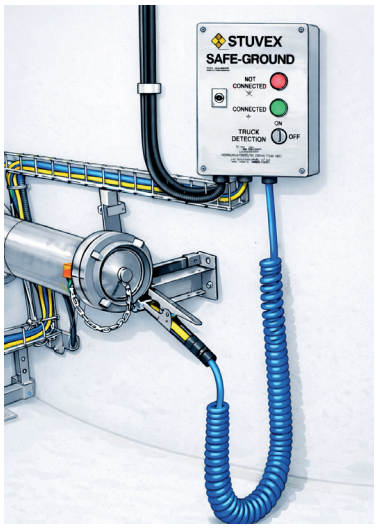
Podsumowanie

Ograniczenie prędkości przepływu oraz szybkie zanurzenie końcówki przewodu napełniającego zmniejszają intensywność elektryzowania w strefie rozbicia strumienia cieczy. Zapewnienie stabilnego i ciągłego uziemienia zapobiega akumulacji ładunku elektrostatycznego do poziomu mogącego stwarzać zagrożenie zapłonem.

Najczęściej popełniane błędy:

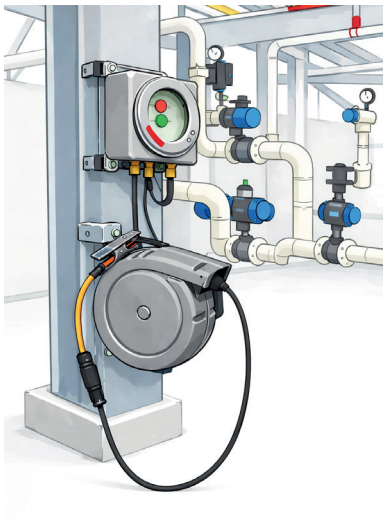
- rozpoczynanie nalewania przed zapewnieniem skutecznego uziemienia,
- stosowanie zbyt dużych prędkości przepływu w fazie swobodnego wypływu cieczy,
- opóźnione zanurzenie końcówki przewodu napełniającego,
- traktowanie uziemienia jako czynności formalnej, a nie warunku procesu technologicznego

Protection against_B5- PL 60227.indd 26 10.03.2026 09:22:15



Rysunek 5-2.

Monitorowanie uziemienia podczas przeładunku i napełniania cieczy palnych. Urządzenie monitorujące uziemienie weryfikuje skuteczność uziemienia cysterny samochodowej oraz wyposażenia przeładunkowego przed rozpoczęciem i w trakcie napełniania cieczy. Wskazania wizualne potwierdzają stan uziemienia, natomiast blokady techniczne uniemożliwiają rozpoczęcie lub kontynuację operacji, jeżeli kryteria uziemienia nie są spełnione, ograniczając ryzyko zapłonu elektrostatycznego podczas obsługi cieczy palnych.



Rysunek 5-3.

Monitorowany system uziemienia przeznaczony do stosowania z cysternami samochodowymi podczas operacji przeładunku cieczy palnych. Rysunek przedstawia system uziemiający zaprojektowany w celu zapewnienia kontrolowanego uziemienia cysterny samochodowej; połączenie uziemiające powinno zostać wykonane przed rozpoczęciem operacji przeładunkowej i pozostawać nieprzerwanie skuteczne przez cały czas jej trwania.



Rysunek 5-4.

Monitorowanie uziemienia podczas napełniania lub opróżniania pojemnika IBC. Zacisk uziemiający jest podłączony do przewodzącej ramy pojemnika IBC, natomiast urządzenie monitorujące uziemienie w sposób ciągły weryfikuje skuteczność połączenia uziemiającego. Wskazania wizualne potwierdzają prawidłowy stan uziemienia, a blokady procesowe uniemożliwiają prowadzenie operacji przeładunkowych w przypadku niespełnienia kryteriów uziemienia, ograniczając ryzyko zapłonu elektrostatycznego podczas obsługi cieczy palnych.

Protection against_B5- PL 60227.indd 27 10.03.2026 09:22:16

ESH -punkt kontrolny

Transport i nalewanie cieczy palnych

Akceptowalne:

- Prędkość przepływu cieczy w fazie swobodnego strumienia jest ograniczona zgodnie z obowiązującymi wytycznymi bezpieczeństwa,
- Końcówka przewodu napełniającego jest zanurzana w cieczy możliwie wcześnie, w celu ograniczenia elektryzowania,
- Zbiorniki oraz linie nalewcze są uziemione przed rozpoczęciem operacji i pozostają uziemione przez cały czas jej trwania.

Nieakceptowalne:

- Rozpoczynanie nalewania bez potwierdzenia skutecznego uziemienia,
- Opóźnione zanurzenie przewodu napełniającego zbiornik lub niekontrolowane zwiększanie prędkości przepływu cieczy.

Krytyczne:

- Nalewanie cieczy o niskiej MEZ bez możliwości automatycznego zatrzymania procesu w przypadku utraty uziemienia,
- Podłączanie lub odłączanie połączeń uziemiających w trakcie przepływu cieczy.



Zdjęcie 5-5.

Prawidłowe uziemienie beczek przed przeładunkiem cieczy palnych. Ilustracja przedstawia poprawne podłączenie zacisku uziemiającego do metalowej beczki przed rozpoczęciem przeładunku cieczy. Chociaż w tle pokazano rzeczywistą operację opróżniania za pomocą pompy, uziemienie zostało zaprezentowane na niezasłoniętej beczce w celu czytelnego zilustrowania wymaganej praktyki: uziemienie powinno zostać wykonane przed rozpoczęciem operacji i utrzymane przez cały czas trwania przeładunku.

Protection against_B5- PL 60227.indd 28 10.03.2026 09:22:16

6 Przesypywanie materiałów sypkich

Podczas przesypywania proszków i granulatów dochodzi do intensywnego powstawania ładunków elektrostatycznych w wyniku tarcia cząstek:

- pomiędzy sobą,
- o powierzchnie urządzeń,
- o ścianki zsypów, lejów oraz silosów.

Ryzyko gromadzenia się ładunków elektrostatycznych wzrasta w szczególności przy:

- niskiej wilgotności powietrza,
- małej średnicy cząstek,
- dużych prędkościach przepływu materiału,
- obecności rozległych powierzchni izolujących.

Należy przy tym uwzględniać, że nawet materiały uznawane za trudno palne lub niepalne mogą w postaci drobnego pyłu tworzyć atmosfery wybuchowe, w których wyładowania elektrostatyczne mogą stanowić skuteczne źródło zapłonu.

Doświadczenie eksploatacyjne wskazuje, że ryzyko to jest często niedoszacowane w instalacjach, w których materiały są przetwarzane w sposób przerywany lub w których to samo wyposażenie wykorzystywane jest do obsługi różnych produktów.

W celu ograniczenia elektryzowania materiałów sypkich zaleca się:

- unikanie dużych spadków grawitacyjnych materiału,
- stosowanie łagodnych zsypów o możliwie małej wysokości zrzutu,
- ograniczanie prędkości przepływu w układach grawitacyjnych i pneumatycznych,
- stosowanie rurociągów, zsypów i elementów wykonanych z materiałów o właściwościach antystatycznych (przewodzących lub rozpraszających),
- uziemianie wszystkich metalowych elementów instalacji, w tym również elementów wewnętrznych, takich jak łopatki, sondy, elektrody oraz wkłady filtracyjne,
- regularne czyszczenie urządzeń z osadów i nalotów, które mogą tworzyć dodatkowe warstwy izolujące.

Protection against_B5- PL 60227.indd 29 10.03.2026 09:22:16



Rysunek 6-1.

Ręczny zasyp materiału sypkiego z worka do przemysłowego mieszalnika – podczas przesypywania proszku może dochodzić do gromadzenia ładunków elektrostatycznych, co stwarza ryzyko wyładowań i zapłonu atmosfery pyłowej.



Rysunek 6-2.

Niekontrolowany przesyp proszku z dużej wysokości swobodnego opadu, sprzyjający generowaniu i akumulacji ładunków elektrostatycznych. W obecności pyłu palnego warunki takie zwiększają ryzyko zapłonu oraz wybuchu pyłu..

Podsumowanie

W operacjach przesypywania materiałów sypkich kluczowe znaczenie ma ograniczenie intensywności elektryzowania poprzez kontrolę prędkości przepływu oraz odpowiednie kształtowanie geometrii zsypów. Równie istotne jest zapewnienie skutecznej drogi odprowadzania ładunków elektrostatycznych poprzez uziemione powierzchnie przewodzące.

Najczęściej popełniane błędy:

- stosowanie dużych spadków grawitacyjnych bez kontroli elektryzowania,
- używanie elementów izolujących w strefach intensywnego tarcia,
- brak uziemienia elementów wewnętrznych urządzeń,
- zaniedbywanie czyszczenia osadów tworzących warstwy izolujące.

Protection against_B5- PL 60227.indd 30 10.03.2026 09:22:16



Rysunek 6-3.

Operacja opróżniania big-baga (FIBC) z wykorzystaniem worków typu A. Obecność certyfikowanego urządzenia próżniowego w wykonaniu ATEX (Ex) wskazuje na możliwość występowania pyłu palnego; jednak nie zastosowano widocznych rozwiązań w zakresie uziemienia ani połączeń wyrównawczych służących do odprowadzania ładunków elektrostatycznych.

ESH - punkt kontrolny

Przesypywanie materiałów sypkich

✓ Akceptowalne:

- Geometria zsypów i lejów ogranicza wysokość zrzutu oraz intensywność tarcia materiału sypkiego.
- Wszystkie metalowe elementy instalacji, w tym elementy wewnętrzne, są skutecznie uziemione.
- Stosowane są materiały o właściwościach przewodzących lub rozpraszających ładunki elektrostatyczne.

⚠ Nieakceptowalne:

- Stosowanie elementów izolujących w strefach intensywnego tarcia materiału bez zastosowania środków kompensujących.
- Brak kontroli osadów i nalotów prowadzących do powstawania warstw izolacyjnych.

⊗ Krytyczne:

- Przesypywanie pyłów palnych w strefach zagrożenia wybuchem bez zapewnienia skutecznej drogi odprowadzania ładunków elektrostatycznych.
- Ignorowanie zagrożenia wyładowaniami stożkowymi podczas napełniania silosów lub zbiorników.

Protection against_B5- PL 60227.indd 31 10.03.2026 09:22:17

Transport pneumatyczny

7

Transport pneumatyczny materiałów sypkich sprzyja intensywnemu powstawaniu ładunków elektrostatycznych, ponieważ:

- cząstki materiału przemieszczają się z dużymi prędkościami względem powierzchni rurociągów,
- zachodzi intensywne tarcie cząstek zarówno między sobą, jak i o ścianki instalacji transportowej.

Dodatkowym czynnikiem ryzyka jest fakt, że w transporcie pneumatycznym materiał często występuje w postaci rozproszonej chmury pyłu w całym przekroju rurociągu, co sprzyja powstawaniu atmosfer wybuchowych o dużym zasięgu.

W celu ograniczenia ryzyka zagrożeń elektrostatycznych zaleca się:

- stosowanie rurociągów i elementów instalacji wykonanych z materiałów przewodzących lub rozpraszających,
- zapewnienie ciągłości elektrycznej połączeń metalowych oraz ich skutecznego i trwałego uziemienia,



Rysunek 7-1.

Pneumatyczne napełnianie silosu z cysterny samochodowej. Wysokie prędkości transportu podczas napełniania prowadzą do generowania ładunków elektrostatycznych. W przypadku obecności pyłu oraz niewystarczającego uziemienia może dojść do wyładowania elektrostatycznego i zapłonu.

Protection against_B5- PL 60227.indd 32 10.03.2026 09:22:17

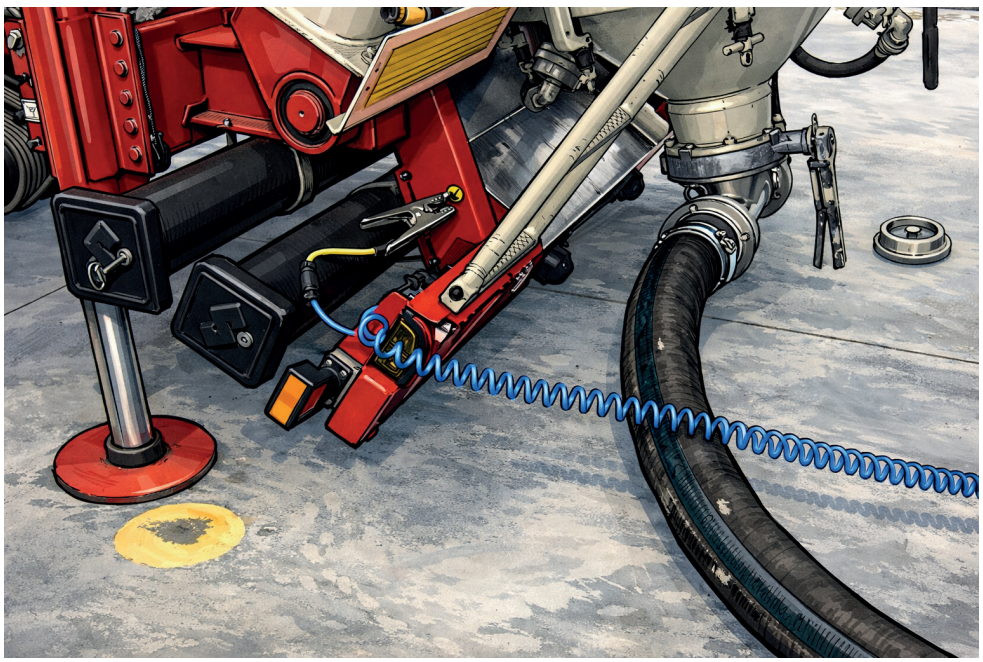
- unikanie zbędnych ostrych załamań trasy rurociągów oraz gwałtownych zmian kierunku przepływu,
- ograniczanie prędkości czynnika transportującego do wartości zalecanych w dokumentacji technologicznej, w szczególności dla proszków o niskiej minimalnej energii zapłonu (MEZ),
- stosowanie powłok i materiałów o kontrolowanych właściwościach elektrostatycznych w przypadkach, gdy użycie elementów izolujących jest technologicznie konieczne, tak aby nagromadzony ładunek mógł być w sposób kontrolowany rozpraszany.

Podsumowanie

W transporcie pneumatycznym skuteczna ochrona przed wyładowaniami elektrostatycznymi opiera się na stosowaniu elementów o właściwościach antystatycznych oraz na zapewnieniu ciągłości elektrycznej i trwałego uziemienia całej instalacji transportowej.

Najczęściej popełniane błędy:

- stosowanie rurociągów wykonanych z materiałów izolujących bez środków kompensujących,
- brak ciągłości połączeń metalowych instalacji,
- nadmierne prędkości czynnika transportującego,
- nieuwzględnianie wpływu zmian trasy i ostrych załamań rurociągów



Rysunek 7-2.

Elastyczny wąż z przyłączem uziemiającym. Zacisk uziemiający jest podłączony do dedykowanego punktu uziemienia na cysternie samochodowej, zapewniając ciągłość elektryczną oraz bezpieczne odprowadzanie ładunków elektrostatycznych podczas transportu pneumatycznego.

Protection against_B5- PL 60227.indd 33 10.03.2026 09:22:17

ESH - punkt kontrolny

Transport pneumatyczny

Akceptowalne:

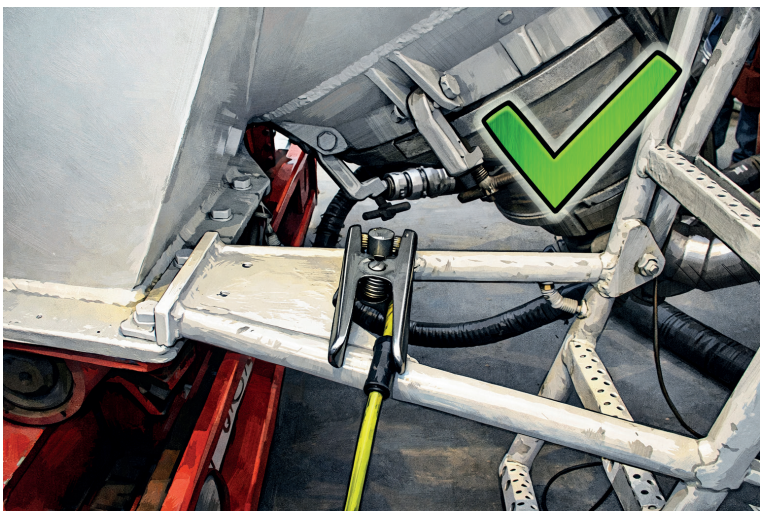
- Rurociągi oraz elementy instalacji wykonane są z materiałów przewodzących lub rozpraszających ładunki elektrostatyczne.
- Zapewniona jest ciągłość elektryczna połączeń oraz ich trwałe uziemienie.
- Prędkości transportu są dostosowane do właściwości transportowanego materiału.

Nieakceptowalne:

- Stosowanie rurociągów o właściwościach izolujących bez dodatkowych środków kontroli elektryzowania.
- Brak mostkowania elektrycznego pomiędzy odcinkami elastycznymi lub kompensatorami gumowymi.

Krytyczne:

- Transport pneumatyczny pyłów palnych bez zapewnienia ciągłej drogi odprowadzania ładunków elektrostatycznych.
- Brak kontroli nad zmianami trasy transportu, w tym nad ostrymi załamaniami instalacji sprzyjającymi intensywnemu elektryzowaniu.



Rysunek 7-3.

Zacisk uziemiający jest podłączony do dedykowanego punktu uziemienia na cysternie samochodowej, co zapewnia ciągłość elektryczną oraz bezpieczne odprowadzanie ładunków elektrostatycznych podczas transportu pneumatycznego.

Protection against_B5- PL 60227.indd 34 10.03.2026 09:22:18

Posadzki, obuwie i odzież

8

8.1. Posadzki

Posadzki stosowane w obszarach zagrożonych wybuchem powinny posiadać **właściwości rozpraszające**, umożliwiające odprowadzanie ładunków elektrostatycznych z ciała człowieka oraz z elementów mobilnych do systemu uziemienia obiektu. Posadzka stanowi przy tym element całego układu ochrony elektrostatycznej, obejmującego również obuwie oraz skuteczne połączenie z systemem uziemiającym.

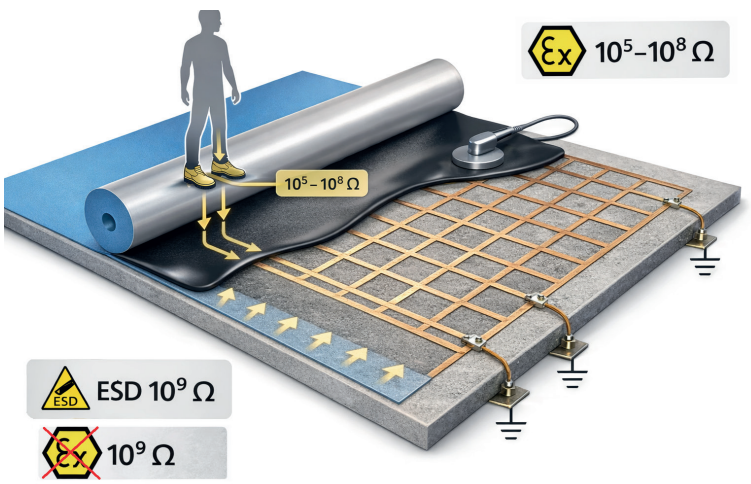
W tym kontekście odprowadzanie ładunku z człowieka odbywa się poprzez połączenie wyrównawcze realizowane przez rezystancyjną ścieżkę (system człowiek–obuwie–posadzka), a nie poprzez bezpośrednie uziemienie człowieka.

Zgodnie z normami **PN-EN 61340-4-1** oraz **PN-EN 1081:**

- rezystancja upływu posadzki w obszarach kontrolowanych powinna mieścić się w zakresie **1×10^5-1×10^8 Ω,**
- metoda pomiarowa, konfiguracja elektrod oraz warunki środowiskowe, w tym temperatura i wilgotność, powinny być jednoznacznie określone w protokole z badań.

W trakcie eksploatacji należy:

- unikać stosowania mat, wykładzin i powłok o właściwościach izolujących,



Rysunek 8-1.

Dysypacyjny system posadzkowy stosowany w strefach zagrożonych, umożliwiający kontrolowane odprowadzanie ładunków elektrostatycznych od personelu do systemu uziemienia poprzez ścieżkę człowiek–obuwie–posadzka, o rezystancji upływu w zakresie od 10^5 do 10^8 Ω, zgodnie z normami EN 61340-4-1 oraz EN 1081.

Protection against_B5- PL 60227.indd 35 10.03.2026 09:22:18

- stosować środki czyszczące, które nie powodują powstawania warstw izolujących,
- zapewnić wielopunktowe połączenie posadzki z systemem uziemienia, odpowiednio do jej powierzchni,
- wykonywać okresowe pomiary rezystancji upływu posadzki.

Zakres rezystancji **10^5-10^8 Ω** zapewnia skuteczne odprowadzanie ładunków elektrostatycznych w czasie istotnym z punktu widzenia zagrożenia zapłonem. Zakresy rezystancji stosowane w ochronie ESH komponentów elektronicznych, sięgające **10^9 Ω**, nie są projektowane z uwzględnieniem warunków zapłonu atmosfer wybuchowych i nie powinny być bezpośrednio przenoszone na ocenę zagrożeń w strefach zagrożenia wybuchem.

8.2. Obuwie

Obuwie stosowane w obszarach zagrożonych wybuchem powinno umożliwiać **kontrolowane odprowadzanie ładunków elektrostatycznych z ciała człowieka do posadzki,** a następnie do systemu uziemienia obiektu. Skuteczność tego procesu zależy od współdziałania obuwia z posadzką o odpowiednich właściwościach elektrostatycznych.



Rysunek 8-2.

Badanie rezystancji elektrostatycznej obuwia przy wejściu do strefy zagrożonej. Operator sprawdza rezystancję elektrostatyczną obuwia za pomocą dedykowanego stanowiska testowego przed wejściem do strefy zagrożonej. Tego rodzaju środki kontrolne pomagają zapewnić skuteczne odprowadzanie ładunków elektrostatycznych z ciała człowieka poprzez obuwie i posadzkę, zmniejszając ryzyko zapłonu.

Zgodnie z normą **PN-EN ISO 20345** obuwie antystatyczne charakteryzuje się rezystancją mieszczącą się w zakresie **od 1×10^5 do 1×10^9 Ω.**

W zastosowaniach w strefach zagrożonych wybuchem zaleca się jednak stosowanie obuwia o rezystancji zawężonej do zakresu **1×10^5-1×10^8 Ω,** zapewniającego skuteczne odprowadzanie ładunku w czasie istotnym z punktu widzenia zagrożenia zapłonem

W praktyce zaleca się:

- weryfikację parametrów obuwia na drodze pomiarów, w szczególności po okresie eksploatacji,
- stosowanie urządzeń kontrolnych przy wejściach do stref o podwyższonym ryzyku, umożliwiających pomiar rezystancji układu człowiek-obuwie-posadzka,
- uwzględnianie wpływu zużycia, zabrudzenia oraz wilgotności na właściwości elektrostatyczne obuwia.

Protection against_B5- PL 60227.indd 36 10.03.2026 09:22:19

8.3. Odzież

Odzież stosowana w strefach zagrożonych wybuchem powinna ograniczać gromadzenie się ładunków elektrostatycznych na ciele człowieka, w szczególności podczas operacji o podwyższonej intensywności elektryzowania. Choć odzież rzadko stanowi bezpośrednie źródło zapłonu, jej niewłaściwe właściwości elektrostatyczne mogą istotnie utrudniać odprowadzanie ładunków z ciała człowieka do ziemi.

W celu ograniczenia zagrożeń elektrostatycznych zaleca się:

- stosowanie tkanin z domieszką włókien przewodzących lub rozpraszających,
- dobór materiałów o kontrolowanych właściwościach elektrostatycznych, z uwzględnieniem wpływu wilgotności powietrza,
- unikanie zdejmowania, rozpinania oraz gwałtownego manipulowania odzieżą w strefach 0, 1, 20 i 21,
- prowadzenie okresowej kontroli stanu odzieży, w szczególności po procesach prania oraz w trakcie eksploatacji.

Podsumowanie

Skuteczność ochrony elektrostatycznej człowieka zależy od ciągłości działania układu: człowiek - odzież - obuwie - posadzka - uziom. Niewłaściwe parametry któregokolwiek z tych elementów mogą przerwać drogę odpływu ładunków elektrostatycznych i prowadzić do ich akumulacji do poziomu istotnego z punktu widzenia zagrożenia zapłonem. W praktyce eksploatacyjnej skuteczność układu człowiek–obuwie–posadzka bywa oceniana wyłącznie na podstawie deklaracji producentów, bez okresowej weryfikacji pomiarowej, co w dłuższym czasie prowadzi do utraty założonych parametrów ochronnych.

Najczęściej popełniane błędy:

- stosowanie posadzek o właściwościach izolujących w strefach zagrożenia wybuchem,
- używanie obuwia niesprawdzonego, zużytego lub zanieczyszczonego,
- Bezrefleksyjne przenoszenie wymagań ESD przeznaczonych do ochrony elektroniki na warunki zapłonu atmosfer wybuchowych.
- stosowanie odzieży o wysokiej rezystywności bez kontroli jej stanu w trakcie eksploatacji.



Rysunek 8-3.

Antystatyczna odzież ochronna stosowana w strefie zagrożonej. Pracownik ma na sobie antystatyczną odzież ochronną zaprojektowaną w celu ograniczenia akumulacji ładunków elektrostatycznych na ciele. W połączeniu z odpowiednim obuwiem oraz posadzką o właściwościach dysypacyjnych taka odzież zapewnia ciągłą i kontrolowaną ścieżkę odprowadzania ładunków elektrostatycznych do ziemi.

Protection against_B5- PL 60227.indd 37 10.03.2026 09:22:19

ESH - punkt kontrolny



Posadzki, obuwie i odzież

Akceptowalne:

- Posadzki posiadają właściwości rozpraszające w zakresie odpowiednim dla stref zagrożonych wybuchem,
- Obuwie i odzież robocza umożliwiają odprowadzanie ładunków elektrostatycznych,
- Zapewniona jest ciągłość układu człowiek-obuwie-posadzka-uziom.

Nieakceptowalne:

- Przenoszenie wymagań ESH stosowanych w ochronie elektroniki bez odniesienia do zagrożenia zapłonem,
- Brak okresowej weryfikacji parametrów elektrostatycznych posadzek oraz obuwia.

Krytyczne:

- Stosowanie posadzek lub obuwia o właściwościach izolujących w strefach zagrożenia wybuchem,
- Brak kontroli dostępu personelu do obszarów zagrożonych wybuchem.

Posadzka (Ru)	Obuwie (R)	Ocena dla stref zagrożenia wybuchem (przykład)	Komentarz
10^5 - 10^6 Ω	10^5 - 10^7 Ω	Układ korzystny - krótki czas relaksacji	Dobre rozpraszanie ładunków przy założeniu spełnienia innych wymagań instalacyjnych.
10^7 - 10^8 Ω	10^5 - 10^8 Ω	Najczęściej akceptowalne, wymaga weryfikacji pomiarami	Zalecany monitoring zestawu człowiek-obuwie-posadzka, testery obuwia przy wejściach.
≥ 10^9 Ω (posadzka)	10^5 - 10^8 Ω	Niekorzystne	Nawet przy dobrym obuwiu ładunek może utrzymywać się długo; konieczne działania korygujące.
10^5 - 10^8 Ω	≥ 10^9 Ω (obuwie)	Niekorzystne	Obuwie działa jak izolator; wymagane obuwie o właściwościach rozpraszających.

Tabela 4. Przykładowe kombinacje „człowiek - obuwie - posadzka”

Protection against_B5- PL 60227.indd 38 10.03.2026 09:22:19

Jonizacja

9

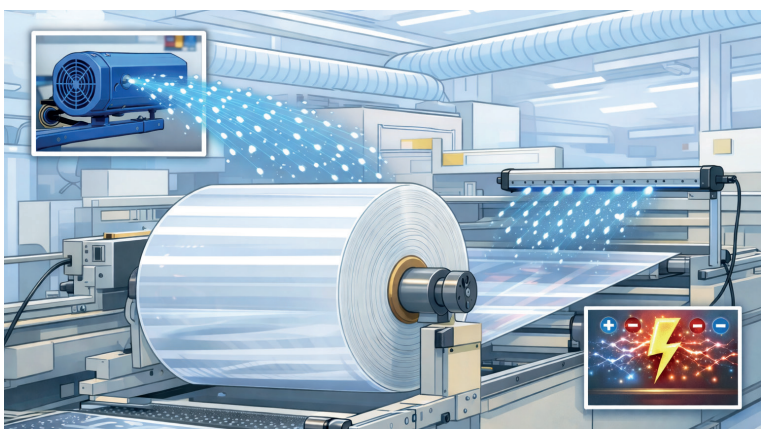
Jonizacja powietrza stanowi środek pomocniczy ograniczający gromadzenie się ładunków elektrostatycznych na dużych powierzchniach materiałów izolujących, w szczególności takich jak:

- folie i arkusze z tworzyw sztucznych,
- taśmy i wstęgi materiałów,
- rozległe powierzchnie powłok izolujących.

Zastosowanie jonizacji polega na wprowadzeniu do otoczenia zjonizowanego powietrza, które umożliwia neutralizację ładunków elektrostatycznych nagromadzonych na powierzchniach izolujących, dla których nie jest możliwe bezpośrednie odprowadzenie ładunku poprzez uziemienie. Skuteczność jonizacji ma charakter lokalny i zależy od tego, czy zjonizowane powietrze rzeczywiście dociera do naelektryzowanej powierzchni.

Systemy jonizujące powinny być:

- dobrane odpowiednio do rodzaju procesu technologicznego oraz właściwości przetwarzanego materiału,
- zainstalowane w odpowiedniej odległości i pod właściwym kątem względem neutralizowanej powierzchni,
- eksploatowane zgodnie z instrukcją producenta, w tym regularnie czyszczone i serwisowane,
- okresowo weryfikowane poprzez pomiary skuteczności, takie jak czas zaniku ładunku lub natężenie pola elektrostatycznego.



Rysunek 9-1.

Jonizacja powietrza do kontroli ładunków elektrostatycznych na materiałach izolacyjnych. Zjonizowane powietrze neutralizuje ładunki na poruszającej się folii, tam gdzie uziemienie nie jest możliwe; stanowi środek uzupełniający i nie zastępuje uziemienia ani połączeń wyrównawczych.

Protection against_B5- PL 60227.indd 39 10.03.2026 09:22:19

Podsumowanie

Jonizacja nie zastępuje podstawowych środków ochrony przed zagrożeniami elektrostatycznymi, takich jak uziemienie, posadzki o właściwościach rozpraszających oraz odpowiednie obuwie i odzież. Stanowi ona rozwiązanie uzupełniające, stosowane w przypadkach obecności dużych powierzchni materiałów izolujących, i powinna być traktowana jako element szerszego systemu ochrony przed wyładowaniami elektrostatycznymi.

Najczęściej popełniane błędy:

- traktowanie jonizacji jako zamiennika uziemienia,
- niewłaściwe rozmieszczenie jonizatorów względem neutralizowanych powierzchni,
- brak kontroli skuteczności działania systemu,
- eksploatacja urządzeń bez regularnego czyszczenia i serwisu.

ESH - punkt kontrolny



Jonizacja

Akceptowalne:

- Jonizacja jest stosowana jako środek uzupełniający w obecności dużych powierzchni izolujących.
- Systemy jonizujące są prawidłowo rozmieszczone oraz regularnie serwisowane.
- Skuteczność jonizacji jest okresowo weryfikowana na podstawie pomiarów.

Nieakceptowalne:

- Traktowanie jonizacji jako zamiennika uziemienia lub wyrównywania potencjałów.
- Brak kontroli skuteczności działania urządzeń jonizujących.

Krytyczne:

- Stosowanie jonizacji jako jedynego środka ochrony w procesach o wysokim ryzyku zapłonu.
- Eksploatacja niesprawnych, uszkodzonych lub zanieczyszczonych jonizatorów.

Protection against_B5- PL 60227.indd 40 10.03.2026 09:22:19

Elastyczne kontenery FIBC

10

Elastyczne kontenery wielkogabarytowe FIBC (big-bagi) występują w kilku typach, różniących się właściwościami elektrostatycznymi oraz zasadami bezpiecznego stosowania:

- **typ A** - kontenery bez specjalnych właściwości elektrostatycznych,
- **typ B** - kontenery o ograniczonej wytrzymałości dielektrycznej ścianek,
- **typ C** - kontenery z wbudowaną strukturą przewodzącą, przeznaczone do uziemiania,
- **typ D** - kontenery o właściwościach samorozpraszających, niewymagające podłączania do uziemienia, przy zachowaniu ściśle określonych ograniczeń stosowania.

Zdjęcie 10-1.

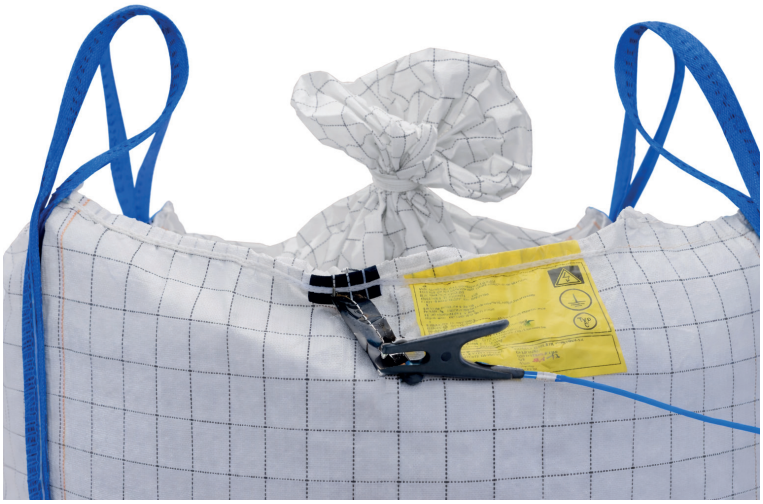
Typ A – pojemniki Big Bag bez specjalnych właściwości elektrostatycznych podczas załadunku materiałów sypkich.



Dobór typu kontenera FIBC powinien każdorazowo uwzględniać:

- **minimalną energię zapłonu (MEZ)** transportowanego lub magazynowanego materiału sypkiego,
- **grupę wybuchowości** oraz klasyfikację strefy zagrożonej wybuchem,
- warunki przepływu materiału oraz charakter procesu technologicznego.

Protection against_B5- PL 60227.indd 41 10.03.2026 09:22:20



Rysunek 10-2.

Typ C – pojemniki wyposażone w konstrukcję przewodzącą przeznaczoną do uziemienia; zacisk uziemiający jest podłączony do wyznaczonego punktu uziemienia.

W praktyce eksploatacyjnej:

- kontenery **typu C** wymagają zapewnienia skutecznego i ciągłego połączenia z uziemieniem przed rozpoczęciem oraz przez cały czas trwania operacji napełniania lub opróżniania,
- kontenery **typu D** mogą być stosowane bez przewodu uziemiającego wyłącznie w warunkach określonych w dokumentacji producenta oraz przy spełnieniu ograniczeń wynikających z odpowiednich norm i wytycznych; nie eliminują one wszystkich zagrożeń elektrostatycznych i wymagają szczególnej dyscypliny eksploatacyjnej.

Podsumowanie

Zastosowanie niewłaściwego typu kontenera FIBC może prowadzić do powstawania wyładowań elektrostatycznych o energii wystarczającej do zapłonu chmury pyłowo-powietrznej.

Dobór kontenera FIBC powinien każdorazowo wynikać z analizy minimalnej energii zapłonu materiału, klasy strefy zagrożenia wybuchem oraz charakteru procesu technologicznego.

Najczęściej popełniane błędy:

- dobór typu FIBC bez analizy MEZ i klasy strefy zagrożenia,
- stosowanie kontenerów typu C bez skutecznego uziemienia,
- używanie kontenerów typu D poza zakresem dopuszczonym przez producenta,
- traktowanie worków FIBC jako elementów „samobezpiecznych”.

Protection against_B5- PL 60227.indd 42 10.03.2026 09:22:20

ESH - punkt kontrolny

Elastyczne kontenery (FIBC)



✓ Akceptowalne:

- Dobór typu FIBC jest oparty na analizie MEZ, klasy strefy i charakteru procesu,
- Kontenery typu C są uziemiane przed rozpoczęciem operacji i pozostają uziemione przez cały czas jej trwania,
- Kontenery typu D są stosowane wyłącznie w warunkach dopuszczonych przez producenta.

⚠ Nieakceptowalne:

- Dobór FIBC bez odniesienia do właściwości pyłu i rzeczywistych warunków procesu,
- Traktowanie kontenerów typu D jako uniwersalnego rozwiązania niezależnie od zagrożeń elektrostatycznych.

⊗ Krytyczne:

- Stosowanie niewłaściwego typu FIBC w obecności atmosfer wybuchowych,
- Prowadzenie operacji z FIBC typu C bez skutecznego uziemienia.

Typ FIBC	Charakterystyka ESH	Typowe zastosowania	Ograniczenia / uwagi
A	Brak specjalnych właściwości ESH	Materiały o wysokiej MEZ, poza strefami Ex	Nie stosować w obecności atmosfer wybuchowych gazów, par i wrażliwych chmur pyłowo-powietrznych.
B	Ograniczona wytrzymałość dielektryczna	Pyły o wyższej MEZ, strefy o niższym poziomie ryzyka	Nie zapewnia drogi przewodzenia ładunku; niewystarczający dla mediów o bardzo niskiej MEZ i wielu stref zagrożenia wybuchem.
C	Kontener uziemiany (struktura przewodząca)	Załadunek/rozładunek proszków w strefach 1, 21, 22	Wymaga pewnego uziemienia przed rozpoczęciem operacji; tor uziemienia powinien spełniać określone kryteria.
D	Kontener samorozpraszający	Praca w strefach z określonymi ograniczeniami dot. grup wybuchowości	Nie wymaga kabla uziemiającego, ale ma ograniczenia zastosowań; konieczne ścisłe przestrzeganie wymagań producenta.

Tabela 5. Przykładowy dobór elastycznych kontenerów FIBC

Protection against_B5- PL 60227.indd 43 10.03.2026 09:22:20

Konserwacja i pomiary kontrolne

11

Utrzymanie skuteczności ochrony przed zagrożeniami elektrostatycznymi wymaga prowadzenia **regularnych kontroli stanu technicznego** oraz **wykonywania systematycznych pomiarów kontrolnych** zastosowanych środków ochrony. Działania te stanowią nieodłączny element eksploatacji instalacji przemysłowych, w szczególności w strefach zagrożonych wybuchem.

Zakres pomiarów i kontroli powinien obejmować w szczególności:

- rezystancję torów uziemienia,
- rezystancję przejścia pomiędzy metalowymi elementami urządzeń oraz instalacji technologicznych,
- rezystancję upływu posadzek,
- rezystancję układu **człowiek-obuwie-posadzka**,
- rezystywność powierzchniową i objętościową materiałów rozpraszających oraz powłok,
- parametry pracy systemów monitorowania uziemienia,
- skuteczność działania systemów jonizacji, ocenianą na podstawie czasu zaniku ładunku lub natężenia pola elektrostatycznego.



Rysunek 11-1.

Pomiar rezystancji uziemienia metodą trójbiegunową z wykorzystaniem mierników cęgowych, wykonywany bez konieczności rozłączania badanego obiektu.



Rysunek 11-2.

Technik mierzy rezystancję upływu posadzki przy użyciu miernika oraz elektrody obciążonej w celu weryfikacji bezpieczeństwa elektrycznego.

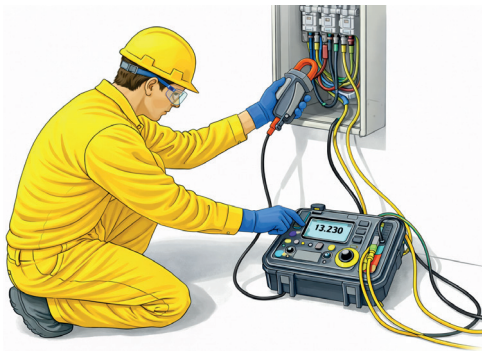
Zakres i częstotliwość pomiarów powinny być dostosowane do charakteru procesów technologicznych, intensywności eksploatacji oraz wyników oceny ryzyka, a także aktualizowane w przypadku zmian w instalacji lub sposobie jej użytkowania.

Protection against_B5- PL 60227.indd 44 10.03.2026 09:22:21



Rysunek 11-3.

Pomiar rezystancji uziemienia z wykorzystaniem mierników cęgowych.



Rysunek 11-4.

Technik wykonujący pomiar ciągłości oraz rezystancji przewodów ochronnych (PE) w rozdzielnicy elektrycznej przy użyciu miernika cęgowego.

Wyniki pomiarów należy

- dokumentować w formie protokołów zawierających zastosowaną metodę badawczą oraz warunki pomiaru,
- porównywać z wynikami wcześniejszych badań w celu identyfikacji trendów zmian,
- analizować pod kątem odchyleń mogących wskazywać na korozję, uszkodzenia mechaniczne, starzenie się materiałów lub zmiany w konfiguracji instalacji.

Podsumowanie

Brak systematycznych pomiarów i kontroli może prowadzić do stopniowej utraty skuteczności zastosowanych środków kontroli zagrożeń elektrostatycznych, bez świadomości użytkownika.
Utrzymanie właściwej organizacji pomiarów i analiz stanowi integralny element systemowego zarządzania bezpieczeństwem w zakresie zagrożeń elektrostatycznych w instalacjach przemysłowych

Najczęściej popełniane błędy:

- brak regularnych pomiarów lub ich sporadyczne wykonywanie,
- brak analizy trendów zmian wyników pomiarowych,
- pomijanie dokumentowania warunków pomiaru,
- uznawanie jednorazowego pomiaru za potwierdzenie trwałej skuteczności zastosowanych środków ochrony.

Zalecane częstotliwości kontroli i pomiarów

Częstotliwość kontroli i pomiarów środków ochrony przed zagrożeniami elektrostatycznymi powinna być określona na podstawie **oceny ryzyka wybuchu, charakterystyki procesu technologicznego oraz doświadczeń eksploatacyjnych**. Jako minimum zaleca się przyjęcie poniższego harmonogramu.

Protection against_B5- PL 60227.indd 45 10.03.2026 09:22:21



Rysunek 11-5.

Pomiar akumulacji ładunków elektrostatycznych na ciele człowieka podczas chodzenia po posadzce o właściwościach dysypacyjnych, podłączonej do systemu uziemienia, zgodnie z PN-EN 61340-4-5.



Rysunek 11-6.

Pomiar rezystancji układu człowiek–obuwie–posadzka realizowany po naciśnięciu przycisku kontrolnego na stanowisku pomiarowym.

Element / parametr	Odbiór / uruchomienie	Kontrola okresowa	Po zmianach lub zdarzeniach
Rezystancja toru uziemienia (urządzenia, zbiorniki, rurociągi)	Obowiązkowo	Co najmniej raz w roku	Obowiązkowo
Ciągłość połączeń wyrównawczych pomiędzy elementami metalowymi	Obowiązkowo	Co najmniej raz w roku	Obowiązkowo
Zaciski uziemiające, przewody i punkty przyłączeniowe	Obowiązkowo	Co 6-12 miesięcy	Obowiązkowo
Rezystancja upływu posadzek w strefach zagrożonych	Obowiązkowo	Co 12-24 miesiące	Obowiązkowo
Rezystancja obuwia (układ człowiek-obuwie-posadzka)	Obowiązkowo	Zgodnie z zasadami zakładowymi, typowo codziennie lub przy wejściu	Obowiązkowo
Rezystywność powierzchniowa / objętościowa materiałów i powłok rozpraszających	Obowiązkowo	Co 12-24 miesiące	Obowiązkowo
Systemy monitorowania uziemienia (test funkcjonalny)	Obowiązkowo	Co 6-12 miesięcy	Obowiązkowo
Systemy jonizacji (czas zaniku ładunku / natężenie pola)	Obowiązkowo	Co 6-12 miesięcy	Obowiązkowo
Połączenia uziemiające FIBC (typ C)	Obowiązkowo	Przed każdą operacją	Obowiązkowo
Wizualna kontrola elementów istotnych z punktu widzenia ESH	Obowiązkowo	Rutynowo, przez operatorów	Obowiązkowo

Tabela 6. Zalecana częstotliwość kontroli i pomiarów ESH

Uwaga: Krótsze odstępy pomiarowe mogą być wymagane w instalacjach pracujących w trybie ciągłym, narażonych na **korozję, uszkodzenia mechaniczne, zanieczyszczenia** lub w procesach z udziałem substancji o **bardzo niskiej minimalnej energii zapłonu** (MEZ).

Protection against_B5- PL 60227.indd 46 10.03.2026 09:22:21

ESH - punkt kontrolny

Konserwacja i kontrole



✓ Akceptowalne:

- Zdefiniowano i wdrożono regularne kontrole oraz pomiary skuteczności środków kontroli zagrożeń elektrostatycznych,
- Wyniki pomiarów są dokumentowane wraz z zastosowaną metodą oraz warunkami badań,
- Analizowane są trendy zmian wyników pomiarowych w czasie.
- Testy funkcjonalne systemów monitorowania są wykonywane okresowo.

⚠ Nieakceptowalne:

- Pomiary wykonywane nieregularnie lub bez określonej częstotliwości,
- Brak porównania wyników z wcześniejszymi pomiarami,
- Brak dokumentacji warunków pomiarowych,
- Ograniczanie kontroli funkcjonalnych wyłącznie do oględzin wizualnych.

⊗ Krytyczne:

- Brak weryfikacji skuteczności uziemienia w trakcie eksploatacji instalacji,
- Kontynuowanie pracy mimo negatywnych wyników pomiarów lub aktywnych alarmów systemów monitorowania,
- Utrata uziemienia lub połączeń wyrównawczych bez zatrzymania procesu,
- Brak kontroli po modyfikacjach instalacji lub po wystąpieniu zdarzeń potencjalnie niebezpiecznych, w których mogło dojść do zapłonu elektrostatycznego.

Protection against_B5- PL 60227.indd 47 10.03.2026 09:22:21

Praktyki operacyjne

12

Oprócz zastosowania środków technicznych skuteczność ochrony przed zagrożeniami elektrostatycznymi w dużym stopniu zależy od właściwego prowadzenia operacji technologicznych oraz konsekwentnego przestrzegania ustalonych zasad eksploatacyjnych. Praktyki operacyjne stanowią ostatnią i kluczową warstwę ochrony, decydującą o realnym poziomie bezpieczeństwa w codziennej pracy instalacji.

Do podstawowych zasad praktyki operacyjnej należą:

- niedopuszczanie do prowadzenia operacji nalewania cieczy lub przesypywania materiałów sypkich bez wcześniejszego i skutecznego uziemienia zbiorników, beczek, cystern oraz kontenerów,
- ograniczanie prędkości przepływu cieczy w fazie swobodnego wypływu, zgodnie z przyjętymi wymaganiami technologicznymi,
- zapewnienie uziemienia elementów mobilnych, takich jak wózki, stojaki, konstrukcje tymczasowe oraz narzędzia,
- stosowanie technik przesypywania, mieszania i transportu ograniczających turbulencje oraz nadmierne spadki wysokości.
- kontrolowanie obecności przedmiotów o właściwościach izolujących w obszarze roboczym, w szczególności opakowań z tworzyw sztucznych, mat oraz zbędnych osłon,
- właściwy dobór, stosowanie i utrzymanie środków ochrony indywidualnej, w tym obuwia i odzieży o właściwościach elektrostatycznie rozpraszających,
- prowadzenie regularnych szkoleń pracowników w zakresie identyfikowania sytuacji operacyjnych sprzyjających powstawaniu i gromadzeniu się ładunków elektrostatycznych.



Rysunek 12-1.

Ilustracja przedstawia operację pompowania cieczy, w której każda beczka jest połączona wyrównawczo i uziemiona przed rozpoczęciem transferu cieczy. W tym przypadku beczki są opróżniane, a skuteczne uziemienie zapewnia kontrolowane odprowadzanie ładunków elektrostatycznych powstających podczas wypływu cieczy.

Protection against_B5- PL 60227.indd 48 10.03.2026 09:22:21



Rysunek 12-2. Praktyka operacyjna – wizualna sygnalizacja stanu uziemienia. System uziemienia jest wyposażony w blokadę techniczną, która uniemożliwia transfer materiału w przypadku nieskutecznego uziemienia.

Podsumowanie

Skuteczność środków normatywnych i technicznych zależy od ich konsekwentnego stosowania w codziennej eksploatacji. Odpowiednio opracowane procedury operacyjne oraz systematyczne szkolenia personelu stanowią niezbędne uzupełnienie rozwiązań technicznych w systemie ochrony przed zagrożeniami elektrostatycznymi..

Najczęściej popełniane błędy:

- omijanie procedur w sytuacjach rutynowych,
- poleganie wyłącznie na doświadczeniu operatorów bez wsparcia formalnych zasad,
- brak szkoleń okresowych i utrwalania wiedzy,
- tolerowanie prowizorycznych rozwiązań organizacyjnych.

ESH - punkt kontrolny



Praktyki operacyjne i szkolenia

Akceptowalne:

- Istnieją udokumentowane procedury operacyjne odnoszące się do zagrożeń elektrostatycznych,
- Personel jest regularnie szkolony w zakresie zagrożeń elektrostatycznych oraz zasad ich kontroli, adekwatnie do wykonywanych czynności,
- Przestrzeganie procedur jest nadzorowane.

Nieakceptowalne:

- Poleganie wyłącznie na doświadczeniu operatorów, bez formalnych procedur,
- Tolerowanie odstępstw od ustalonych zasad i procedur.

Krytyczne:

- Brak szkoleń i procedur w instalacjach zagrożonych wybuchem,
- Świadome obchodzenie zabezpieczeń technicznych lub organizacyjnych.

Protection against_B5- PL 60227.indd 49 10.03.2026 09:22:22

Odpowiedzialności i role w kontroli zagrożeń elektrostatycznych (ESH)

13

Skuteczna ochrona przed zagrożeniami elektrostatycznymi wymaga jasno określonych odpowiedzialności na wszystkich poziomach organizacyjnych. Bezpieczeństwo elektrostatyczne nie jest wyłącznie zagadnieniem technicznym, lecz stanowi wspólną odpowiedzialność w obszarze zarządzania, eksploatacji oraz utrzymania ruchu.

Kierownictwo zakładu / pracodawca

- Zapewnia warunki organizacyjne, techniczne i finansowe niezbędne do wdrożenia i utrzymania systemu kontroli zagrożeń elektrostatycznych.
- Zapewnia uwzględnienie zagrożeń elektrostatycznych w systemie zarządzania bezpieczeństwem oraz w Ocenie Ryzyka Wybuchem.
- Zatwierdza niniejszą instrukcję oraz zapewnia jej stosowanie we wszystkich obszarach objętych ryzykiem elektrostatycznym.
- Zapewnia dostęp do kompetentnych osób posiadających wiedzę w zakresie zagrożeń elektrostatycznych.

Dział technologii / inżynierii procesowej

- Identyfikuje procesy, operacje i parametry technologiczne istotne z punktu widzenia generowania i akumulacji ładunku elektrostatycznego.
- Analizuje wpływ zmian technologicznych, materiałowych i procesowych na zagrożenia elektrostatyczne.
- Uczestniczy w doborze środków kontroli zagrożeń elektrostatycznych adekwatnych do charakteru procesu i właściwości substancji.
- Dostarcza dane niezbędne do opracowania i aktualizacji Oceny Ryzyka Wybuchem oraz dokumentów powiązanych.

Służby BHP / ochrony przeciwpożarowej / ATEX

- Nadzorują zgodność stosowanych rozwiązań z obowiązującymi przepisami oraz wymaganiami normatywnymi.
- Koordynują opracowanie, aktualizację i przegląd dokumentacji dotyczącej zagrożeń elektrostatycznych.
- Inicjują działania korygujące i zapobiegawcze w przypadku stwierdzenia niezgodności lub incydentów związanych z zagrożeniami elektrostatycznymi.

Protection against_B5- PL 60227.indd 50 10.03.2026 09:22:22



- Uczestniczą w analizie incydentów oraz zdarzeń potencjalnie wypadkowych (near miss) związanych z elektrycznością statyczną.

Utrzymanie ruchu / służby techniczne

- Odpowiadają za stan techniczny systemów uziemienia, połączeń wyrównawczych oraz innych środków kontroli zagrożeń elektrostatycznych.
- Zapewniają wykonywanie okresowych pomiarów, kontroli i przeglądów skuteczności środków kontroli zagrożeń elektrostatycznych.
- Usuwają stwierdzone niezgodności techniczne w ustalonych terminach.
- Dokumentują wykonywane czynności kontrolne i pomiarowe.

Przełożeni liniowi / brygadziści

- Sprawują bieżący nadzór nad stosowaniem zasad kontroli zagrożeń elektrostatycznych na stanowiskach pracy.
- Zapewniają przestrzeganie procedur i instrukcji przez personel.
- Reagują na stwierdzone nieprawidłowości i inicjują działania korygujące.
- Zgłaszają incydenty oraz zdarzenia potencjalnie wypadkowe związane z zagrożeniami elektrostatycznymi.

Pozostali pracownicy

- Stosują zasady ochrony przed elektrycznością statyczną określone w niniejszej instrukcji oraz instrukcjach stanowiskowych.

Protection against_B5- PL 60227.indd 51 10.03.2026 09:22:22

- Używają środków kontroli zagrożeń elektrostatycznych zgodnie z ich przeznaczeniem.
- Zgłaszają przełożonym wszelkie zauważone nieprawidłowości, uszkodzenia lub wątpliwości dotyczące skuteczności kontroli zagrożeń elektrostatycznych.

Najczęściej popełniane błędy: organizacyjne w ochronie przed elektrycznością statyczną

- Rozmycie odpowiedzialności pomiędzy działami (brak jednoznacznie przypisanego właściciela kontroli zagrożeń elektrostatycznych).
- Traktowanie kontroli zagrożeń elektrostatycznych wyłącznie jako zagadnienia technicznego, bez odpowiedniego nadzoru operacyjnego.
- Brak aktualizacji Oceny Ryzyka Wybuchem po zmianach technologicznych lub materiałowych.
- Brak skutecznej komunikacji pomiędzy działem technologicznym, BHP oraz utrzymaniem ruchu.
- Ograniczanie działań w zakresie kontroli zagrożeń elektrostatycznych do etapu projektowego, bez weryfikacji podczas eksploatacji.
- Brak reakcji na sygnały ostrzegawcze, alarmy lub zdarzenia potencjalnie wypadkowe (near miss) związane z zagrożeniami elektrostatycznymi.
- Przerzucanie odpowiedzialności za kontrolę zagrożeń elektrostatycznych wyłącznie na pracowników liniowych.

ESH - punkt kontrolny



Odpowiedzialności i role

✓ AKCEPTOWALNE:

- Role i odpowiedzialności w zakresie kontroli zagrożeń elektrostatycznych są jednoznacznie określone,
- Zakresy odpowiedzialności są znane i komunikowane w organizacji,
- Zagrożenia elektrostatyczne są uwzględnione w systemie zarządzania bezpieczeństwem.

⚠ NOT ACCEPTABLE

- Niejasny podział odpowiedzialności pomiędzy działami,
- Brak nadzoru nad realizacją obowiązków związanych z kontrolą zagrożeń elektrostatycznych.

⊗ CRITICAL

- Brak formalnie przypisanej odpowiedzialności za kontrolę zagrożeń elektrostatycznych,
- Brak reakcji organizacyjnej na zdarzenia oraz zdarzenia potencjalnie wypadkowe związane z zagrożeniami elektrostatycznymi.

Protection against_B5- PL 60227.indd 52 10.03.2026 09:22:22

14 Urządzenia i systemy monitorowania uziemienia

Systemy monitorowania uziemienia są stosowane w celu zapewnienia **ciągłej kontroli skuteczności połączeń uziemiających** w instalacjach technologicznych, w których występuje zagrożenie elektrostatyczne. Ich zadaniem nie jest poprawa jakości uziemienia, lecz szybkie wykrycie jego braku lub pogorszenia oraz uniemożliwienie prowadzenia procesu w warunkach niespełniających wymagań bezpieczeństwa.

Systemy te umożliwiają:

- automatyczną kontrolę ciągłości połączenia z uziemieniem,
- bieżące nadzorowanie wartości rezystancji toru uziemienia,
- przekazywanie informacji o stanie uziemienia do systemów sterowania procesem.

Typowe funkcje systemów monitorowania uziemienia obejmują:

- kontrolę spełnienia przyjętego kryterium rezystancji toru uziemienia (np. $R \leq 10\ \Omega$),
- sygnalizację optyczną i akustyczną stanu skutecznego uziemienia oraz stanu niespełnienia wymagań,
- możliwość blokowania rozpoczęcia lub kontynuowania procesu technologicznego w przypadku braku skutecznego uziemienia,
- rejestrowanie stanów i zdarzeń dla potrzeb analiz technicznych oraz audytów bezpieczeństwa.



Rysunek 14-1.

Urządzenie monitorujące uziemienie podczas rozładunku cysterny samochodowej. System monitorowania uziemienia w sposób ciągły weryfikuje połączenie uziemiające pomiędzy cysterną samochodową a systemem uziemienia obiektu. Urządzenie zapewnia wizualną sygnalizację stanu uziemienia oraz jest zintegrowane z blokadami procesowymi, które uniemożliwiają rozładunek w przypadku utraty połączenia uziemiającego lub niespełnienia wymaganych kryteriów rezystancji.

Protection against_B5- PL 60227.indd 53 10.03.2026 09:22:23

W instalacjach o podwyższonym poziomie ryzyka, takich jak rozładunek cystern, nalewanie cieczy o niskiej minimalnej energii zapłonu oraz napełnianie elastycznych kontenerów FIBC **w strefach 1 i 21**, systemy monitorowania uziemienia stanowią istotny element ograniczania ryzyka związanego z wyładowaniami elektrostatycznymi.

Podsumowanie

Zastosowanie urządzeń monitorujących uziemienie pozwala ograniczyć ryzyko wynikające z błędów eksploatacyjnych oraz nieciągłości połączeń uziemiających. Integracja tych systemów z blokadami procesowymi umożliwia realizację zasady, zgodnie z którą proces technologiczny nie powinien być uruchamiany ani prowadzony w przypadku braku uziemienia.

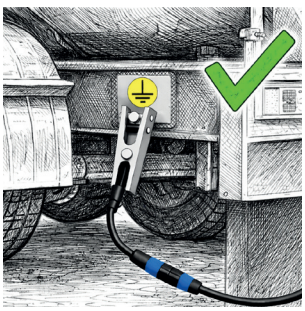
Najczęściej popełniane błędy:

- traktowanie systemów monitorujących jako wyposażenia opcjonalnego,
- brak integracji z blokadami procesowymi,
- ignorowanie sygnałów alarmowych,
- brak analizy i wykorzystania rejestrowanych zdarzeń.



Rysunek 14-2.

Dedykowany punkt uziemienia na cysternie samochodowej, przeznaczony do podłączania systemów uziemiających podczas operacji załadunku i rozładunku.



Rysunek 14-3.

Dedykowany punkt uziemienia zlokalizowany w innym miejscu na cysternie samochodowej, przeznaczony do podłączania systemów uziemiających.



Rysunek 14-4.

Nieprawidłowe połączenie uziemiające. Wskazane miejsce nie stanowi dedykowanego punktu uziemienia i nie może być wykorzystywane do uziemiania cystern samochodowych.

Stanowisko / obszar	Obiekt monitorowany	Funkcja systemu monitorowania	Zalecane działanie przy braku uziemienia
Rozładunek cystern drogowych	Cysterna, zacisk uziemiający	Ciągły pomiar rezystancji toru cysterna-uziom	Blokada uruchomienia pomp lub otwarcia zaworów, sygnał optyczny i akustyczny
Nalewanie beczek / IBC	Beczka, rama IBC	Sprawdzenie ciągłości połączenia z uziemieniem	Blokada uruchomienia pompy lub zaworu dozującego, sygnalizacja stanu „brak uziemienia”
Zasyp big-bagów do mieszalnika	FIBC typu C, konstrukcja podwieszająca	Kontrola podłączenia kontenera do uziemienia	Zablokowanie otwarcia zasuwy/rozwarcia big-baga, alarm lokalny
Stanowisko mieszania w strefie zagrożenia wybuchem	Mieszalnik, zbiornik procesowy	Monitoring stanu uziemienia mieszalnika	Zatrzymanie mieszadła lub blokada startu przy niespełnieniu kryteriów uziemienia
Linia z dużymi powierzchniami folii	Elementy metalowe toru transportowego	Sygnalizacja przerwy w torze uziemienia	Zatrzymanie linii lub ograniczenie prędkości do czasu przywrócenia poprawnego stanu

Tabela 7. Przykładowe stanowiska i funkcje systemów monitorowania uziemienia

Protection against_B5- PL 60227.indd 54 10.03.2026 09:22:23

ESH - punkt kontrolny

Systemy monitorowania uziemienia

Akceptowalne:

- Ciągły monitoring rezystancji toru uziemienia podczas całej operacji technologicznej,
- Automatyczna blokada uruchomienia lub kontynuacji procesu w przypadku niespełnienia przyjętych kryteriów bezpieczeństwa,
- Rejestracja zdarzeń i stanów alarmowych dla potrzeb analiz technicznych oraz audytów.

Nieakceptowalne:

- Poleganie wyłącznie na kontroli manualnej bez bieżącego nadzoru technicznego,
- Brak integracji systemu monitorowania uziemienia z automatyką procesu.

Krytyczne:

- Możliwość uruchomienia lub prowadzenia procesu technologicznego bez skutecznego uziemienia,
- Ignorowanie sygnałów alarmowych lub ich wyłączanie w trakcie eksploatacji.



Rysunek 14-5.

Wielopunktowy system monitorowania uziemienia do operacji napełniania beczek. Operator podłącza zaciski uziemiające do metalowych beczek, natomiast wielopunktowy system monitorowania uziemienia umożliwia nadzorowanie kilku połączeń uziemiających za pomocą jednej jednostki sterującej. System w sposób ciągły weryfikuje stan uziemienia, zapewnia wizualną sygnalizację oraz uniemożliwia napełnianie w przypadku niespełnienia kryteriów uziemienia.

Protection against_B5- PL 60227.indd 55 10.03.2026 09:22:23

Podsumowanie końcowe

15

Niniejszy poradnik przedstawia zasady projektowania, eksploatacji oraz utrzymania instalacji przemysłowych, w których występuje zagrożenie zapłonem lub wybuchem związane z obecnością ładunków elektrostatycznych. Dokument obejmuje w szczególności zagadnienia dotyczące:

- mechanizmów powstawania ładunków elektrostatycznych oraz podstawowych zależności fizycznych,
- roli uziemiania i połączeń wyrównawczych jako podstawowych środków ograniczania zagrożeń elektrostatycznych,
- wymagań związanych z transportem i nalewaniem cieczy palnych, przesypywaniem materiałów sypkich oraz transportem pneumatycznym,
- zasad doboru, stosowania i eksploatacji posadzek, obuwia, odzieży oraz materiałów o właściwościach rozpraszających,
- stosowania środków uzupełniających, takich jak jonizacja powietrza oraz elastyczne kontenery FIBC,
- znaczenia systemów monitorowania uziemienia oraz blokad procesowych,
- wymagań dotyczących pomiarów kontrolnych, konserwacji oraz praktyk operacyjnych.



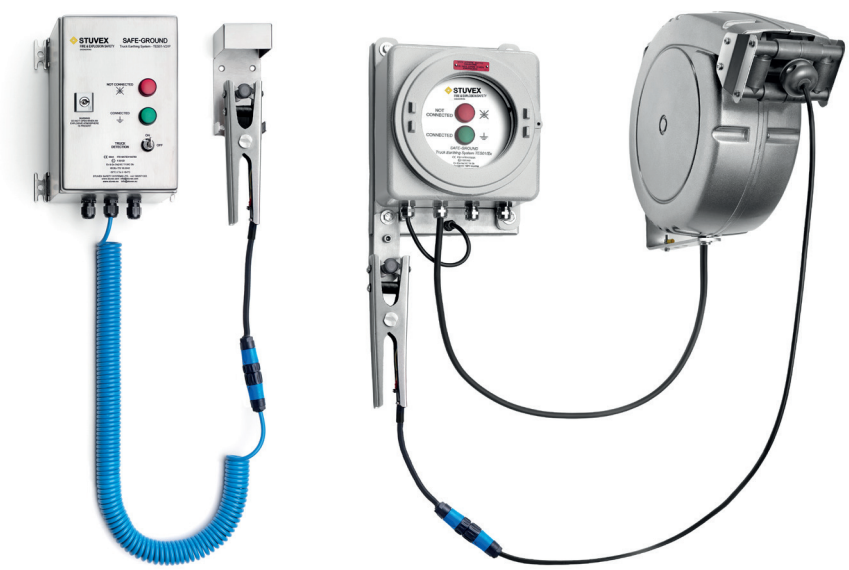
Protection against_B5- PL 60227.indd 56 10.03.2026 09:22:24

Celem dokumentu jest wsparcie projektantów, użytkowników oraz służb technicznych w doborze, wdrażaniu i utrzymaniu środków ochrony przed zagrożeniami elektrostatycznymi w sposób zgodny z obowiązującymi normami oraz dobrą praktyką przemysłową.

Celem niniejszego dokumentu jest wsparcie projektantów, operatorów oraz służb technicznych w doborze, wdrażaniu i utrzymaniu środków ochrony przed zagrożeniami elektrostatycznymi, zgodnie z obowiązującymi normami oraz uznaną dobrą praktyką przemysłową.

Zastosowanie zasad opisanych w niniejszym opracowaniu, w połączeniu z prawidłowo przeprowadzoną oceną ryzyka wybuchu, systematycznymi pomiarami kontrolnymi oraz regularnymi audytami ESH, umożliwia istotne ograniczenie prawdopodobieństwa zapłonu atmosfer wybuchowych spowodowanego wyładowaniami elektrostatycznymi. Ochronę przed zagrożeniami elektrostatycznymi należy traktować jako proces ciągły, wymagający stałej uwagi na etapie projektowania, eksploatacji oraz utrzymania instalacji przemysłowych.

Niniejszy przewodnik ma charakter wyłącznie techniczny i nie zastępuje obowiązujących wymagań prawnych ani normatywnych.



Protection against_B5- PL 60227.indd 57 10.03.2026 09:22:25

Załącznik A.
SYSTEMY KONTROLI UZIEMIENIA ORAZ ICH INTEGRACJA Z PROCESEM TECHNOLOGICZNYM

A.1. Wprowadzenie

W instalacjach przemysłowych, w których prowadzone są operacje generujące ładunki elektrostatyczne, samo wykonanie połączenia uziemiającego nie jest wystarczające, jeżeli nie towarzyszy mu bieżąca kontrola jakości i ciągłości tego połączenia w trakcie eksploatacji.

Specyfikacja techniczna **IEC/TS 60079-32-1** jednoznacznie wskazuje, że w operacjach o podwyższonym poziomie ryzyka — takich jak napełnianie i opróżnianie cystern, nalewanie cieczy o niskiej przewodności, przesypywanie proszków czy mieszanie materiałów palnych, zaleca się stosowanie **rozwiązań technicznych ograniczających możliwość błędu operacyjnego**, w tym automatycznych systemów nadzorujących stan uziemienia.

Systemy kontroli uziemienia:

- potwierdzają poprawne połączenie obiektu z uziomem,
- umożliwiają weryfikację spełnienia kryterium rezystancji toru,
- monitorują ciągłość połączenia przez cały czas trwania operacji,
- mogą współpracować z automatyką danego procesu, umożliwiając blokowanie operacji,
- istotnie ograniczają ryzyko zapłonu wynikające z błędów ludzkich.

W niniejszym załączniku przedstawiono **praktyczne podejście do doboru i integracji systemów monitorowania uziemienia**, ze szczególnym uwzględnieniem rozwiązań projektowanych do pracy w strefach zagrożonych wybuchem. Przykładem takiego podejścia są **systemy monitorowania uziemienia klasy przemysłowej, takie jak rodzina Safe-Ground / Cobra (Stuvex)**, stosowane w zakładach procesowych wymagających wysokiego poziomu integracji funkcji ESH z bezpieczeństwem procesu.

A.2. Wymagania normatywne dotyczące kontroli uziemienia

Zgodnie z IEC/TS 60079-32-1, w operacjach, w których potencjalna energia wyładowania elektrostatycznego może przekroczyć poziom bezpieczny w odniesieniu do **minimalnej energii zapłonu (MEZ)**, należy:

- zapewnić uziemienie obiektu przed rozpoczęciem operacji,
- potwierdzić skuteczność połączenia,
- utrzymać połączenie przez cały czas trwania procesu,

Protection against_B5- PL 60227.indd 58 10.03.2026 09:22:25

- zastosować środki techniczne minimalizujące możliwość błędu operatora.

Norma dopuszcza zarówno rozwiązania:

- **pasywne,** oparte na ręcznym podłączaniu i pomiarach okresowych,
- **aktywne,** realizujące ciągły pomiar rezystancji toru uziemienia oraz nadzór nad stanem połączenia.

W praktyce przemysłowej, szczególnie w instalacjach o podwyższonym poziomie ryzyka, **rozwiązania aktywne** stanowią naturalne uzupełnienie środków proceduralnych.

A.3. Kryterium rezystancji toru uziemienia

W większości instalacji technologicznych jako kryterium dopuszczenia do pracy przyjmuje się:

$$R \leq 10\ \Omega$$

Wartość ta:

- zapewnia szybki odpływ ładunków elektrostatycznych,
- jest zgodna z wymaganiami normatywnymi oraz dobrą praktyką przemysłową,
- mieści się w zakresie pracy systemów monitorowania,
- uwzględnia zmienność warunków środowiskowych i eksploatacyjnych.

Z praktycznego punktu widzenia audytu wartości rezystancji przekraczające ten poziom są najczęściej związane z degradacją zacisków, zanieczyszczonymi punktami styku lub połączeniami o charakterze przerywanym, a nie z niedoskonałościami samej koncepcji uziemienia.

W procesach szczególnie wrażliwych kryterium to bywa uzupełniane o **automatyczne blokady procesowe.**

A.4. Podejścia do kontroli uziemienia - perspektywa praktyczna

Na rynku dostępne są rozwiązania różnych producentów, które spełniają te same podstawowe wymagania normatywne w zakresie kontroli ciągłości i rezystancji toru uziemienia.

Różnice pomiędzy poszczególnymi rozwiązaniami dotyczą:

- zakresu integracji z procesem technologicznym,
- sposobu realizacji blokad bezpieczeństwa,
- poziomu automatyzacji nadzoru,
- odporności na błędy operacyjne.

W instalacjach o niewielkiej skali rozwiązania punktowe mogą być wystarczające. W bardziej złożonych aplikacjach, takich jak stanowiska załadunku cystern, wielostanowiskowe rozlewnie czy instalacje o wysokiej rotacji personelu, kluczowe znaczenie ma **systemowe podejście do kontroli ESH.**

Protection against_B5- PL 60227.indd 59 10.03.2026 09:22:26

A.5. Typowe obszary zastosowań systemów uziemień

Poniższe zestawienie ilustruje przykładowe stanowiska procesowe, dla których stosowanie systemów monitorowania uziemienia stanowi dobrą praktykę inżynierską.

Stanowisko / obszar	Obiekt monitorowany	Funkcja systemu	Zalecane działanie przy braku uziemienia
Rozładunek cystern drogowych	Cysterna, zacisk uziemiający	Ciągły pomiar rezystancji toru i identyfikacja obiektu	Blokada pomp/zaworów, sygnał optyczny i akustyczny
Nalewanie beczek / IBC	Beczka, rama IBC	Kontrola ciągłości połączenia	Blokada uruchomienia pompy
Zasyp big-bagów (FIBC typu C)	Kontener, konstrukcja podwieszająca	Monitoring połączenia FIBC z uziomem	Zablokowanie zasuwy, alarm
Stanowiska mieszania	Mieszalnik, zbiornik	Monitoring stanu uziemienia	Zatrzymanie mieszadła
Linie z dużymi powierzchniami folii	Elementy metalowe linii	Sygnalizacja przerwy w torze	Zatrzymanie linii

Tabela A.1. Przykładowe stanowiska procesowe i funkcje systemów monitorowania uziemienia

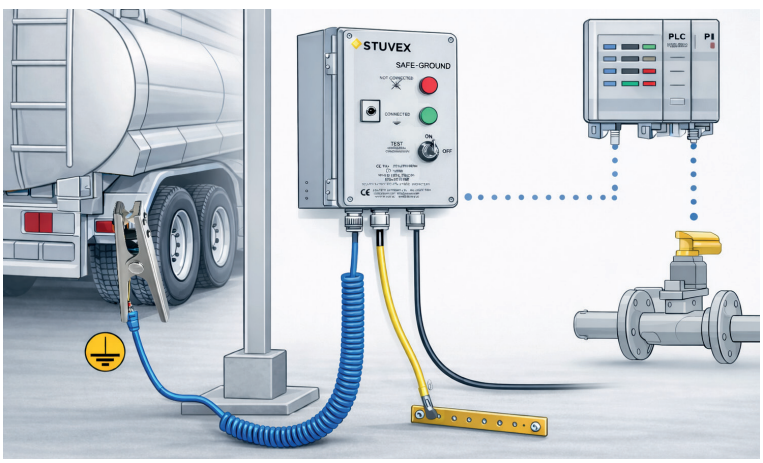
A.6. Integracja systemów monitorowania z procesem technologicznym

A.6.1. Stanowiska załadunku i rozładunku cystern

Typowa sekwencja zawiera:

1. Podłączenie aktywnego zacisku do cysterny.
2. Automatyczny pomiar rezystancji toru uziemienia.
3. Dodatkowa weryfikacja obiektu (np. metoda pojemnościowa).
4. Sygnalizacja stanu gotowości.
5. Odblokowanie procesu przez automatykę.
6. Ciągły monitoring w trakcie operacji.
7. Natychmiastowe zatrzymanie procesu przy przerwie połączenia.

Identyfikacja obiektu, charakterystyczna dla systemów klasy Safe-Ground lub Cobra, istotnie ogranicza ryzyko błędnego podłączenia i zwiększa bezpieczeństwo operacyjne.



Rysunek A1. przedstawia kontroler uziemienia, który monitoruje połączenie cysterny z ziemią i przekazuje sygnał stanu do sterownika PLC; CONNECTED oznacza prawidłowe uziemienie (przekaźnik zamknięty), natomiast NOT CONNECTED oznacza brak lub utratę uziemienia (przekaźnik otwarty). Sterownik PLC wykorzystuje ten sygnał jako blokadę bezpieczeństwa, umożliwiającą lub uniemożliwiającą transfer.

Protection against_B5- PL 60227.indd 60 10.03.2026 09:22:26

A.6.2. Beczki, IBC i stanowiska wielopunktowe

W instalacjach wielostanowiskowych system monitoruje wszystkie tory równolegle. Niespełnienie kryterium przez jeden obiekt skutkuje blokadą całego procesu



A.7. Wymagania funkcjonalne systemów monitorowania

Parametr	Wymaganie	Realizacja w systemach klasy przemysłowej
Rezystancja toru	R ≤ 10 Ω	Ciągły pomiar
Identyfikacja obiektu	Wymagana dla cystern	Metody pojemnościowe
Ciągła kontrola	Wymagana	Monitoring w czasie rzeczywistym
Integracja z PLC	Wymagana	Wyjścia NO/NC
Praca w strefach zagrożenia wybuchem	Wymagana	Certyfikacja ATEX/IECEx

Tabela A.2. Minimalne wymagania funkcjonalne systemów monitorowania uziemienia

Przedstawione wymagania funkcjonalne są spełniane przez nowoczesne systemy monitorowania uziemienia klasy przemysłowej, projektowane do pracy w strefach zagrożonych wybuchem

A.8. Selection of systems depending on the process

Proces	Poziom ryzyka	Wymagania funkcjonalne	Przykładowa klasa rozwiązania
Załadunek / rozładunek cystern	Bardzo wysoki	Rezystancja + identyfikacja + blokada	Systemy jednoobiektowe (np. Safe-Ground TES01)
Nalewanie beczek / IBC	Wysoki	Równoległy monitoring	Systemy wielopunktowe (np. MGS01)
Operacje półtechniczne	Średni	Sygnalizacja i monitoring	Systemy punktowe
Walidacja systemów	–	Test rezystancji i pojemności	Urządzenia testujące (np. ReConno1)

Tabela A.3. Dobór systemów monitorowania uziemienia w zależności od procesu

Protection against_B5- PL 60227.indd 61 10.03.2026 09:22:26

A.9. Kontrola okresowa i utrzymanie

Każdy system monitorowania uziemienia powinien być objęty:

- testami funkcjonalnymi (zalecane co 6-12 miesięcy),
- kontrolą torów uziemiających,
- przeglądem przewodów i zacisków,
- dokumentowaniem wyników zgodnie z wymaganiami dokumentacji przeciwwybuchowej.

Systemowe podejście do walidacji znacząco ułatwia utrzymanie zgodności normatywnej oraz przygotowanie do audytów.

Podsumowanie Załącznika A

Systemy monitorowania uziemienia stanowią **kluczowy element ochrony przed zagrożeniami elektrostatycznymi** w instalacjach przemysłowych. Choć dostępne na rynku rozwiązania spełniają te same podstawowe wymagania normatywne, **różnice ujawniają się na poziomie integracji, automatyzacji i zarządzania ryzykiem operacyjnym.**

Systemy monitorowania uziemienia klasy **Safe-Ground Cobra (Stuvex)** reprezentują podejście systemowe, w którym kontrola ESH stanowi integralną część bezpieczeństwa procesu technologicznego. W aplikacjach wymagających wysokiej niezawodności, zaawansowanej integracji i wsparcia projektowego, k**ontakt z doświadczonym dostawcą rozwiązań systemowych, takim jak Stuvex NV, pozwala dobrać rozwiązanie najlepiej dopasowane do specyfiki procesu i poziomu ryzyka**



Zdjęcie A2 przedstawia system uziemiający TES01 firmy StuvEx, podłączony do cysterny samochodowej przed rozpoczęciem rozładunku, jeszcze przed podłączeniem węża rozładunkowego do króćca wylotowego cysterny, co zapewnia prawidłowe uziemienie.

Protection against_B5- PL 60227.indd 62 10.03.2026 09:22:27

LISTA KONTROLNA - Kiedy potrzebujesz systemu monitorowania uziemienia?

Cel listy kontrolnej

Niniejsza lista kontrolna wspiera ocenę niezawodności środków kontroli zagrożeń elektrostatycznych oraz dostarcza ukierunkowanych na podejmowanie decyzji wskazówek w sytuacjach, w których utrata kontroli nad uziemieniem może prowadzić do ryzyka zapłonu.

zaznacz TAK / NIE

Pytania kontrolne

A. Kontekst zagrożenia elektrostatycznego (rozpoznanie ryzyka)

☐ 1. Czy proces technologiczny generuje ładunki elektrostatyczne *(przepływ cieczy, przesypywanie, tarcie, transport pneumatyczny)?*

☐ 2. Czy w obszarze procesu występuje lub może wystąpić atmosfera wybuchowa *(strefy 0, 1, 2, 20, 21, 22 zagrożenia wybuchem)?*

☐ 3. Czy minimalna energia zapłonu (MEZ) przetwarzanych substancji jest niska mniejsza niż ~30 mJ *(gazy, pary cieczy palnych, drobne pyły)?*

B. Niezawodność uziemienia i połączeń wyrównawczych (utrata kontroli)

☐ 4. Czy obiekt wymagający uziemienia jest elementem mobilnym *(cysterna, beczka, IBC, big-bag, wózek, konstrukcja tymczasowa)?*

☐ 5. Czy istnieje możliwość utraty połączenia uziemiającego w trakcie operacji *(ruch obiektu, drgania, manipulacje operatora, zużycie zacisków)?*

☐ 6. Czy rozpoczęcie lub przebieg procesu zależy od czynności manualnych operatora *(ręczne podłączenie zacisku, decyzja o starcie)?*

Protection against_B5- PL 60227.indd 63 10.03.2026 09:22:27

C. Zabezpieczenia procesowe (kontrola skutków)

☐ 7. Czy utrata lub brak skutecznego uziemienia nie powoduje automatycznego przerwania procesu *(np. brak blokady technicznej, brak warunku zezwalającego)?*

☐ 8. Czy warunki procesowe wpływające na ryzyko elektrostatyczne mogą zmieniać się w czasie *(np. różne produkty, zmienność partii, prędkości przepływu, warunki środowiskowe)?*

D. Informacje zwrotne z eksploatacji

☐ 9. Czy odnotowano zdarzenia, alarmy lub sytuacje potencjalnie wypadkowe (near-miss) związane z elektrostatyką *(np. utrata uziemienia, nieoczekiwane wyładowania bez zapłonu)?*

☐ 10. Czy skuteczność uziemienia jest weryfikowana wyłącznie okresowo lub jedynie na podstawie kontroli wizualnej *(tj. brak ciągłej weryfikacji podczas eksploatacji)?*

Interpretacja i wytyczne decyzyjne

0–1 × TAK
Środki kontroli zagrożeń elektrostatycznych mogą być uznane za skuteczne, pod warunkiem że są prawidłowo zaprojektowane, wdrożone i utrzymywane.

2–3 × TAK
Niezawodność środków kontroli ryzyka elektrostatycznego powinna być oceniana w ramach szczegółowej oceny ryzyka elektrostatycznego.

4 lub więcej × TAK
Nie można wykluczyć utraty kontroli nad uziemieniem. W celu ograniczenia ryzyka zapłonu elektrostatycznego zdecydowanie zaleca się zastosowanie dodatkowych środków technicznych i/lub organizacyjnych.

Ważna uwaga

Niniejsza lista kontrolna
- nie zastępuje oceny ryzyka elektrostatycznego;
- nie narzuca żadnego konkretnego rozwiązania technicznego;
- wspiera zarówno ocenę inżynierską, jak i podejmowanie decyzji operacyjnych w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych.

Protection against_B5- PL 60227.indd 64 10.03.2026 09:22:27

Nota prawna

Niniejszy dokument został opracowany przez ATEX EXPERT wyłącznie w celach informacyjnych i technicznych. Pomimo dołożenia należytej staranności w przygotowaniu treści, ATEX EXPERT nie składa żadnych oświadczeń ani gwarancji, wyraźnych ani dorozumianych, co do kompletności, dokładności, aktualności lub przydatności informacji zawartych w niniejszym dokumencie do określonego zastosowania.

Informacje, zalecenia oraz wytyczne przedstawione w niniejszym dokumencie nie stanowią porady prawnej, regulacyjnej ani profesjonalnej i nie zastępują obowiązujących przepisów prawa Unii Europejskiej, przepisów krajowych, norm zharmonizowanych, norm technicznych ani indywidualnej oceny ryzyka, w tym oceny ryzyka wybuchu. Odpowiedzialność za prawidłową interpretację, weryfikację oraz zastosowanie informacji zawartych w niniejszym dokumencie spoczywa wyłącznie na użytkowniku.

W zakresie dopuszczalnym przez obowiązujące przepisy prawa ATEX EXPERT nie ponosi odpowiedzialności za jakiekolwiek szkody, straty, koszty lub roszczenia, w tym szkody pośrednie, następcze lub utracone korzyści, wynikające z wykorzystania niniejszego dokumentu lub polegania na jego treści, niezależnie od podstawy odpowiedzialności (kontraktowej, deliktowej lub innej), z wyjątkiem szkód powstałych z winy umyślnej ATEX EXPERT.

Niniejsza nota prawna nie ogranicza ani nie wyłącza odpowiedzialności ATEX EXPERT w zakresie, w jakim jej ograniczenie lub wyłączenie jest niedopuszczalne na mocy bezwzględnie obowiązujących przepisów prawa, w szczególności przepisów dotyczących odpowiedzialności za szkody na osobie oraz bezpieczeństwa użytkowników.



Protection against_B5- PL 60227.indd 65 10.03.2026 09:22:27