



Podstawy ochrony przed wyładowaniami atmosferycznymi i przepięciami

Od powstawania przepięć do kompleksowej koncepcji ochrony

PHOENIX CONTACT na całym świecie w dialogu z klientami i partnerami

Phoenix Contact to światowy lider na rynku z siedzibą główną w Niemczech. Nasza grupa oferuje nowoczesne komponenty, systemy i rozwiązania w dziedzinie elektrotechniki, elektroniki i automatyzacji. Światowa sieć oddziałów w ponad 100 krajach zatrudniających 15 000 osób gwarantuje bliskie relacje z klientami.

Szeroka oferta innowacyjnych produktów obejmuje nowoczesne rozwiązania do różnych aplikacji i gałęzi przemysłu. Dotyczy to zwłaszcza energetyki, infrastruktury, urządzeń technologicznych i automatyki przemysłowej.





Podstawy ochrony przed wyładowaniami atmosferycznymi i przepięciami

Naszym klientom pragniemy zaoferować nie tylko skuteczne rozwiązania, lecz również fachową pomoc i doradztwo. Są to podstawowe informacje z zakresu techniki i elektroniki. W tej broszurze znajdują się skrócone informacje o ochronie przed wyładowaniami atmosferycznymi i przepięciami w instalacjach elektrycznych. Szybko znajdziesz w niej wszystkie istotne dane. Sprawdzisz, jakie rozwiązania są dostępne dla różnych zadań w tej dziedzinie. Pogłębisz swoją wiedzę na temat zależności znanych jedynie specjalistom.

Życzymy przyjemnej lektury!

Najnowocześniejsze rozwiązania

W Phoenix Contact szczególną wagę przykładamy do prac rozwojowo-badawczych oraz wysokiego udziału produkcji własnej. Wszystkie najważniejsze etapy produkcji, od kompleksowego projektu, produkcji narzędzi, obróbki metalu i przetwórstwa tworzyw sztucznych po projektowanie i produkcję elementów elektronicznych, są realizowane w naszej firmie. Już od roku 1983 firma Phoenix Contact projektuje i produkuje urządzenia zabezpieczające i jest dziś liderem technologicznym w tej dziedzinie. Firma oferuje wiele innowacyjnych rozwiązań dla każdej branży i aplikacji, m.in. do

- zasilania,
- aparatury kontrolno-pomiarowej i automatyki,
- systemów przesyłania danych,
- urządzeń nadawczych i odbiorczych.

Phoenix Contact posiada wieloletnie doświadczenie w tej dziedzinie oraz najwyższe kompetencje w zakresie projektowania i produkcji. Świadczy o tym chociażby najlepsze na świecie własne akredytowane laboratorium prądów piorunowych i wielkich prądów. Stanowi ono podstawę do precyzyjnych, modyfikowanych na bieżąco badań i testów oraz praktycznych badań podstawowych – i wprost do rozwiązań, które szybko wcielają w życie aktualne dane naukowe i praktyczne.

Krótko: produkty najwyższej jakości zgodne z najnowszym stanem wiedzy technicznej.

Pytania i odpowiedzi

Z pewnością masz wiele pytań – począwszy od powstawania przebiegów, poprzez techniczne szczegóły układów sieci lub części składowych koncepcji ochrony przed przebiegami, po informacje na temat samych urządzeń.

Tu znajdziesz odpowiedzi:

**Czym jest przebieg?
Jak powstaje?**

→ rozdział 1, strona 6

**Jakie szkody mogą
spowodować przebiegi?**

→ rozdział 1.5, strona 9

**Jak działa ochrona przed
przebiegami?**

→ rozdział 2.1, strona 10

**Jakie obowiązują wymagania ustawowe
i normatywne w zakresie ochrony
przed przebiegami?**

→ rozdział 2.2, strona 11

**Z czego składa się kompleksowa
koncepcja ochrony przed
przebiegami?**

→ rozdział 2.3 i kolejne, strona 13

**Jak można wykazać jakość urządzeń
zabezpieczających?**

→ rozdział 3.3, strona 18

→ rozdział 4, strona 22

**W jakich zastosowaniach ochrona
przed przebiegami jest szczególnie
ważna?**

→ rozdział 6, strona 28

Objaśnienie pojęć

→ rozdział 7, strona 64



Spis treści

1. Przepięcia	6
1.1 Zjawisko przepięcia	6
1.2 Przyczyny	7
1.3 Rodzaje sprzężeń	8
1.4 Kierunek działania	8
1.5 Skutki i szkody	9
2. Ochrona przed przepięciami: na co należy uważać?	10
2.1 Zasada działania ochrony przed przepięciami	10
2.2 Normy dotyczące ochrony odgromowej i ochrony przed przepięciami	11
2.3 Podstawowe środki i urządzenia ochronne	13
2.4 Strefy ochrony odgromowej	14
2.5 Zasada okręgu ochronnego	15
3. Klasyfikacja i badanie ograniczników przepięć	16
3.1 Wymagania wg IEC 61643/PN-EN 61643-11:2013-06	16
3.2 Ważne parametry dla urządzeń zabezpieczających	17
3.3 Przeglądy i kontrole wg PN-EN/IEC 62305	18
3.4 Badania wysokimi prądami i prądami impulsowymi	20
4. Walory jakości ograniczników przepięć	22
4.1 Deklaracja zgodności CE	22
4.2 Niezależne certyfikaty produktów	23
4.3 Kompetencje w dziedzinie ochrony przed przepięciami	24
5. System do pomiaru prądów piorunowych	26
5.1 Inteligentne monitorowanie	26
5.2 Pomiar prądów piorunowych	27
6. Obszary zastosowania	28
6.1 Ochrona sieci napięcia przemiennego	28
6.2 Ochrona sieci napięcia stałego o liniowych źródłach napięcia	41
6.3 Ochrona linii napięcia stałego w instalacjach fotowoltaicznych	43
6.4 Ochrona obwodów sygnałowych w instalacjach AKPiA	48
6.5 Ochrona obwodów sygnałowych w systemach informatycznych	60
6.6 Ochrona obwodów sygnałowych w telekomunikacji	62
6.7 Ochrona obwodów sygnałowych w urządzeniach nadawczych i odbiorczych	63
7. Słowniczek	64
8. Wykaz literatury	67

1 Przepięcia

W instalacjach elektrycznych i systemach elektronicznych mogą występować różnego rodzaju przepięcia. Różnią się głównie czasem trwania i amplitudą. W zależności od przyczyny przepięcie może trwać od kilkuset mikrosekund do kilku godzin, a nawet dni. Amplituda może wynosić od kilku miliwoltów do kilku dziesiątek tysięcy woltów. Szczególną przyczyną przepięć są wyładowania piorunowe. Bezpośrednie i pośrednie uderzenia mogą oprócz wysokich amplitud przepięć skutkować również szczególnie wysokimi i częściowo długimi przepływami prądu, których skutki są znaczne.

1.1 Zjawisko przepięcia

Każde urządzenie elektryczne ma określoną wytrzymałość dialektyczną na napięcia udarowe. Jeśli przepięcie przekroczy tę wytrzymałość, mogą wystąpić zakłócenia lub uszkodzenia. Przepięcia o wysokich amplitudach rzędu kilku kilowoltów to z reguły tzw. przepięcia przejściowe, to znaczy stosunkowo krótkotrwałe, od kilku do kilkuset mikrosekund. Wysoka amplituda i krótki czas trwania oznaczają

w konsekwencji bardzo gwałtowne wzrosty napięcia oraz wysokie różnice napięcia, przed których skutkami może chronić tylko ochrona przed przepięciami.

Wprawdzie użytkownik instalacji elektrycznej może w większości przypadków otrzymać odszkodowanie z ubezpieczenia, lecz bardzo groźny może być czas awarii do czasu naprawy. Ten czas awarii często nie jest objęty

ubezpieczeniem i nawet krótki czas może spowodować poważne skutki finansowe, zwłaszcza w porównaniu z kosztami koncepcji ochrony odgromowej i przepięciowej.

1.2 Przyczyny

Typowy czas trwania i amplituda przepięcia różnią się w zależności od przyczyny.

Wyładowania piorunowe

Wyładowania piorunowe (lightning electromagnetic pulse, LEMP) mają największy potencjał zniszczenia ze wszystkich przyczyn. Powodują one przepięcia krótkotrwałe, które mogą rozprzestrzenić się na dużą odległość i są połączone często z prądami udarowymi o wysokiej amplitudzie. Nawet pośrednie skutki uderzenia pioruna mogą spowodować przepięcie na poziomie kilku kilowoltów i prądy udarowe sięgające kilku dziesiątek tysięcy amperów. Mimo bardzo krótkiego czasu trwania od kilku do kilkuset mikrosekund zdarzenie takie powoduje całkowitą awarię, a nawet zniszczenie instalacji.

Procesy łączeniowe

Procesy łączeniowe wytwarzają impulsy elektromagnetyczne (switching electromagnetic pulse, SEMP), które mogą powodować przepięcia indukowane, rozprzestrzeniające się w przewodach elektrycznych. Krótkotrwałe bardzo wysokie przepływy prądu w przypadku zwarć lub dołączania odbiorników



Ilustr. 1: Wyładowania piorunowe mogą spowodować olbrzymie zniszczenia

o wysokich prądach załączenia mogą generować przepięcia przejściowe.

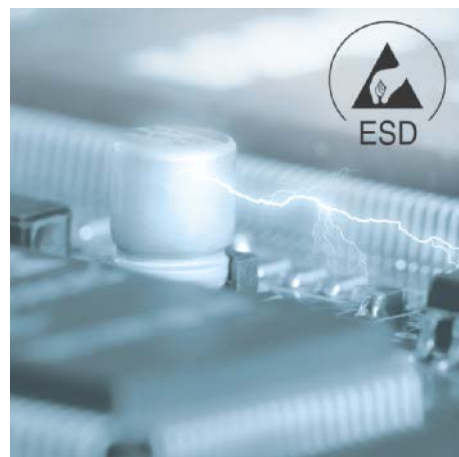
Wyładowania elektrostatyczne

Wyładowania elektrostatyczne (electrostatic discharge, ESD) występują, gdy zbliżą się do siebie ciała o różnym potencjale elektrostatycznym i dojdzie do wymiany ładunku. W instalacjach elektrycznych i układach elektronicznych może dochodzić do naładowania elektrostatycznego obiektów, które zwiększa się tak, że dochodzi do przeskoku iskry do obiektu o innym potencjale. Nagła wymiana ładunku powoduje krótkotrwa-

łe napięcie udarowe. Jest to szczególnie niebezpieczne dla czułych urządzeń elektronicznych.



Ilustr. 2: Silniki elektryczne o dużej mocy indukują przepięcia na skutek wysokich prądów załączania



Ilustr. 3: Wyładowania elektrostatyczne są groźne głównie dla czułych urządzeń elektronicznych

1.3 Rodzaje sprzężeń

Przepięcia mogą dostać się do obwodu na różne sposoby. W rzeczywistości nakładają się na siebie poszczególne rodzaje sprzężeń.

Sprzężenie galwaniczne

Dwa obwody połączone elektrycznie mogą na siebie wzajemnie oddziaływać. Zmiana napięcia lub prądu w jednym obwodzie powoduje odpowiednią reakcję w drugim obwodzie.

Sprzężenie indukcyjne

Szybko wzrastający przepływ prądu przez przewodnik wytwarza wokół niego pole magnetyczne o zmieniającej się szybko sile. Jeśli w polu tym znajduje się inny przewodnik, to na skutek

zmiany natężenia pola magnetycznego w związku ze zjawiskiem indukcji elektromagnetycznej powstaje różnica napięcia.

Sprzężenie pojemnościowe

Między dwoma punktami o różnym potencjale występuje pole elektryczne. Nośniki ładunku ciał znajdujących się w polu ustawiają się odpowiednio do kierunku i siły pola na skutek zjawiska indukcji. W ten sposób w ciele powstaje różnica potencjałów, innymi słowy różnica napięcia.

1.4 Kierunek działania

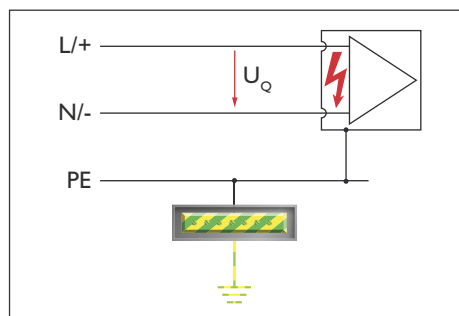
Napięcie poprzeczne (napięcie symetryczne, differential mode voltage)

Przepięcia symetryczne są groźne głównie dla aparatów, czy interfejsów znajdujących się między dwoma aktywnymi potencjałami. Mogą one spowodować uszkodzenia w przypadku przekroczenia odporności urządzenia na napięcie.

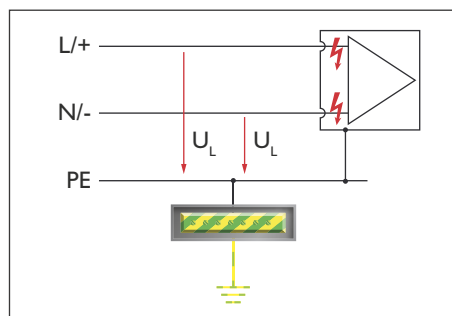
Napięcie wzdłużne (napięcie asymetryczne, common mode voltage)

Przepięcia asymetryczne są groźne głównie dla urządzeń / interfejsów znajdujących się między aktywnymi potencjałami (faza i przewód neutralny) i potencjałem masy. Mogą one spowodować uszkodzenia w przypadku

przekroczenia wytrzymałości dielektrycznej urządzenia.



Ilustr. 4: Napięcie poprzeczne



Ilustr. 5: Napięcie wzdłużne

1.5 Skutki i szkody

Stowarzyszenie Niemieckich Towarzystw Ubezpieczeniowych (GDV) publikuje regularnie statystyki, które pozwalają na wysunięcie wniosków dotyczących wartości szkód w zależności od różnych przyczyn. Zgodnie z nimi, po pożarach i burzach, pioruny i przepięcia powodują największe szkody. W roku 2012 ich udział procentowy we wszystkich szkodach objętych ubezpieczeniem wyniósł 18%. Mówiąc inaczej, niemal co piąta szkoda jest spowodowana przepięciem.

Częściej niż się przypuszcza awarie i uszkodzenia urządzeń są spowodowane przez przepięcia. Zgodnie ze statystykami Stowarzyszenia Niemieckiej Branży Ubezpieczeniowej GDV przepięcia są uznawane za najczęstszą przyczynę szkód. A liczby te obejmują jedynie szkody, w następstwie których doszło do pożaru.

Na ilustracji 6 pokazano, że liczba zgłoszonych do Stowarzyszenia Niemieckiej Branży Ubezpieczeniowej GDV szkód spowodowanych uderzeniem pioruna i przepięciami w 2013 roku

zmniejszyła się w porównaniu z rokiem ubiegłym o około 20%. Jednak odszkodowania wypłacone przez ubezpieczycieli zmniejszyły się jedynie o 10%. Jeśli weźmie się pod uwagę wartości z porównywalnego roku 2010, to wzrost kosztów wynosi około 20%. Zdaniem ubezpieczycieli jedną z przyczyn takiego stanu rzeczy jest fakt, że w gospodarstwach domowych używa się coraz więcej urządzeń elektronicznych. Średnia wysokość szkody spowodowanej uderzeniem pioruna lub przepięciem wyniosła w roku 2013 aż 800 EUR. To najwyższa wartość od początku statystyk.

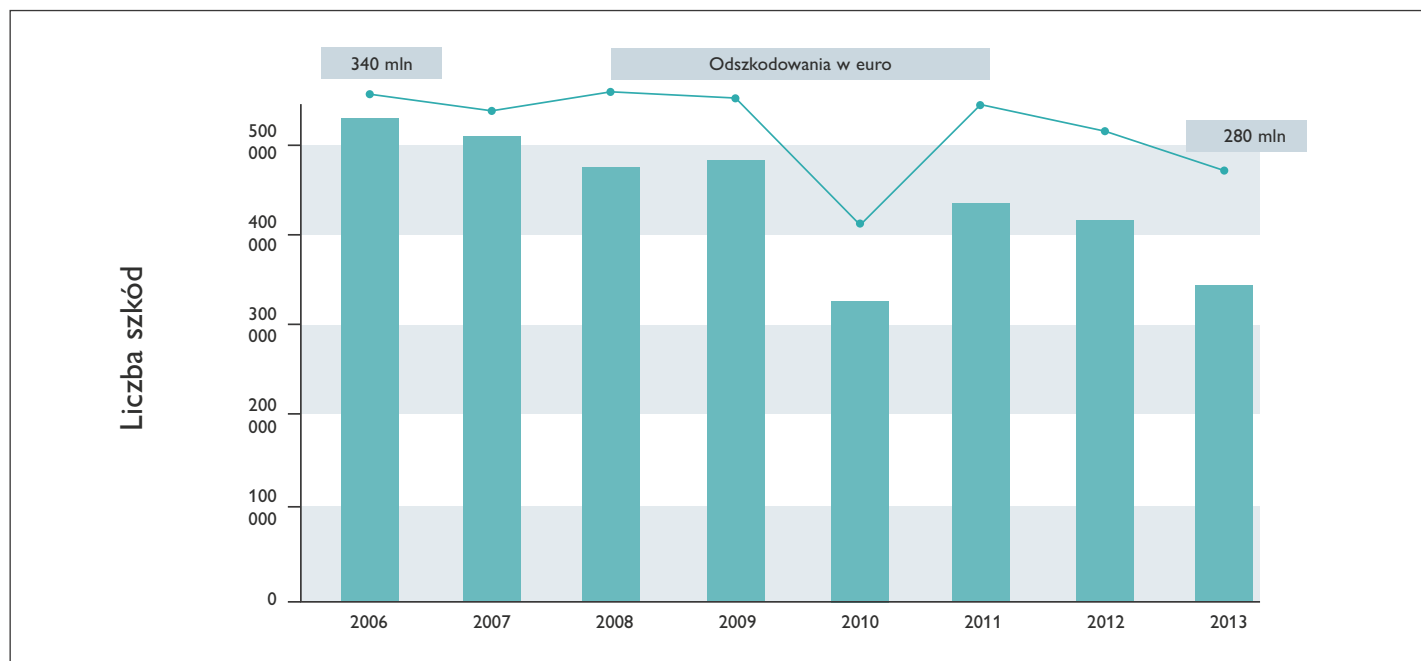
W obiektach przemysłowych skutki awarii są zazwyczaj jeszcze poważniejsze, bowiem może dojść np. do przestoju czy utraty danych. Awaria urządzenia lub maszyny generuje często koszty, które kilkukrotnie przewyższają koszt naprawy uszkodzonego urządzenia.

Na przykład awaria stacji telefonii komórkowej może spowodować koszty dla operatora na poziomie kilku euro za

sekundę. W przeliczeniu na dzień szkoda może wynieść ponad 100 000 EUR.

Z tego powodu obiekty przemysłowe i komercyjne powinny być objęte kompleksową koncepcją ochrony przed przepięciami. I chodzi tu nie tylko o efektywną ochronę przeciwpożarową i ochronę osób, lecz również o wyeliminowanie ryzyka olbrzymich strat finansowych.

Kolejnym aspektem konieczności ochrony odgromowej i przed przepięciami w przyszłości jest wzrost statystycznego prawdopodobieństwa wyładowań atmosferycznych. Różne opracowania przewidują, że w wyniku globalnego ocieplenia zwiększy się częstotliwość występowania burz. Trend ten nie ogranicza się tylko do regionów, w których tak czy inaczej występuje duże ryzyko uderzenia, lecz odnosi się do wszystkich regionów świata.



Ilustr. 6: Liczba szkód spowodowanych uderzeniem pioruna i przepięciami oraz wysokość odszkodowań

2

Ochrona przed przepięciami: na co należy uważać?

Skuteczna ochrona przed przepięciami wymaga określonych działań. Trzeba ją dostosować indywidualnie do ochronionego systemu oraz panujących na miejscu warunków otoczenia. Z tego powodu należy zapewnić koncepcję i kompleksowy projekt. Oznacza to konieczność uwzględnienia wielu szczegółów, od przestrzegania norm i wytycznych po opracowanie koncepcji ochrony odgromowej.

2.1 Zasada działania ochrony przed przepięciami

Zadaniem ochrony przed przepięciami jest niedopuszczenie do uszkodzeń instalacji, sprzętu i urządzeń końcowych na skutek przepięcia.

Dlatego urządzenia zabezpieczające (surge protective device, SPD) muszą spełniać przede wszystkim dwa zadania:

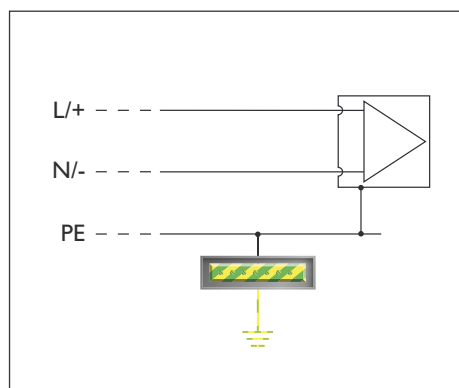
- Ograniczanie amplitudy przepięcia, aby nie przekraczało wytrzymałości dielektrycznej urządzeń.

- Odprowadzanie prądów udarowych spowodowanych przepięciami do odległej ziemi.

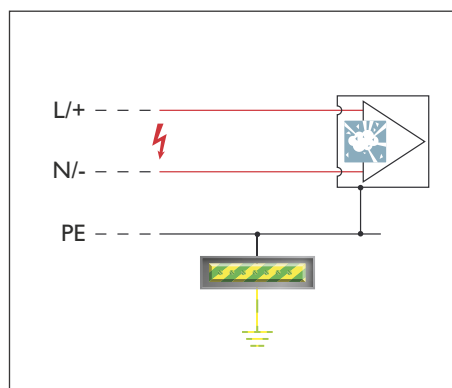
Zasadę działania ochrony przed przepięciami można wyjaśnić w prosty sposób na podstawie schematu zasilania urządzenia (ilustr. 7).

Jak opisano w poprzednim rozdziale 1.4, przepięcie może powstać między aktywnymi przewodami jako napięcie

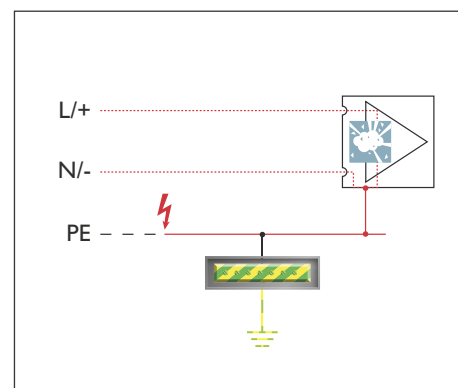
poprzeczne (ilustr. 8) lub między aktywnymi przewodami a przewodem ochronnym lub potencjałem masy jako napięcie wzdłużne (ilustr. 9).



Ilustr. 7: Schemat zasilania urządzenia



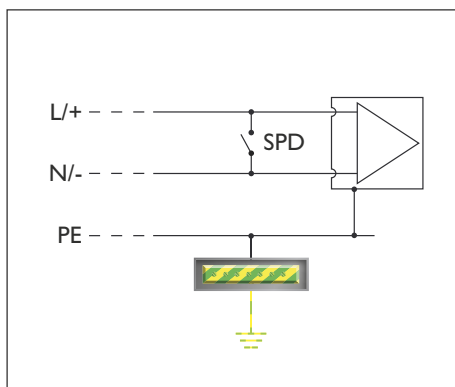
Ilustr. 8: Skutki przepięcia w postaci napięcia poprzecznego



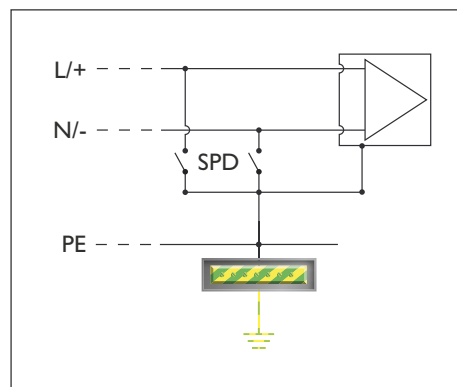
Ilustr. 9: Skutki przepięcia w postaci napięcia wzdłużnego

Dlatego urządzenia zabezpieczające instaluje się równoległe do chronionego urządzenia między aktywnymi przewodami (ilustr. 10) oraz między aktywnymi przewodami i przewodem ochronnym (ilustr. 11).

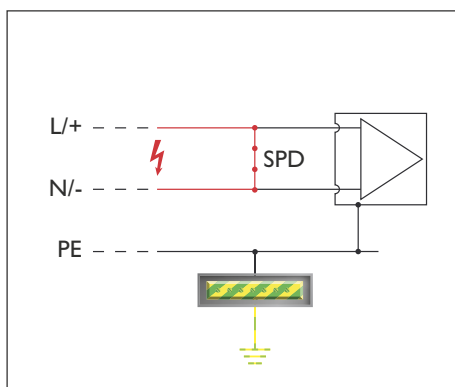
Urządzenie zabezpieczające działa analogicznie do przełącznika, który zwiera się na krótki czas przepięcia. Dzięki temu powstaje swego rodzaju zwarcie, a prądy udarowe mogą odpłynąć w kierunku ziemi lub sieci elektroenergetycznej. W ten sposób ogranicza się różnicę napięć (ilustr. 12 i 13). To niby zwarcie to trwa tylko przez czas przepięcia, czyli zazwyczaj kilka mikrosekund. Umożliwia to ochronę urządzenia elektrycznego i jego dalszą niezakłóconą pracę.



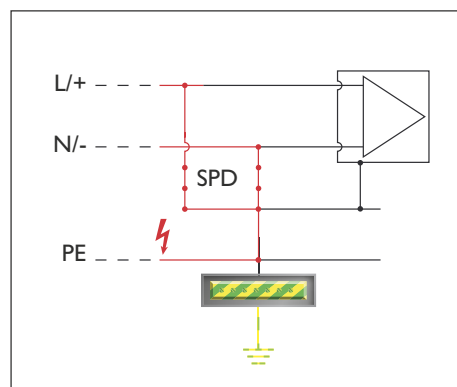
Ilustr. 10: SPD między aktywnymi przewodami



Ilustr. 11: SPD między aktywnymi przewodami a przewodem ochronnym



Ilustr. 12: SPD między aktywnymi przewodami przy napięciu poprzecznym



Ilustr. 13: SPD między aktywnymi przewodami a przewodem ochronnym przy napięciu wzdłużnym

2.2 Normy dotyczące ochrony odgromowej i ochrony przed przepięciami

Normy krajowe i międzynarodowe określają ogólne zasady tworzenia koncepcji ochrony odgromowej i przez przepięciami oraz doboru poszczególnych urządzeń zabezpieczających. Rozróżnia się następujące środki ochrony:

- Środki ochrony przed udarem piorunowym: zajmuje się tym tzw. norma odgromowa IEC 62305 / PN-EN 62305 [1] [2] [3] [4]. Centralnym elementem jest szczegółowa analiza ryzyka w celu określenia konieczności, zakresu i ekonomiczności koncepcji ochrony.

- Środki ochrony przed czynnikami atmosferycznym lub przepięciami łączeniowymi: tym zajmuje się norma IEC 60364-4-44 [5]. W porównaniu z normą IEC 62305 / PN-EN 62305 zakłada ona skróconą analizę ryzyka, na podstawie której określone są odpowiednie środki.

Poza wspomnianymi normami trzeba stosować się do ewentualnych dalszych wymogów krajowych, które często już obowiązkowo wymagają stosowania ochrony przed przepięciami. W kolejnych rozdziałach zrezygnowano z ana-

lizowania poszczególnych specjalnych warunków krajowych. Odniesienia normatywne są opracowywane w miarę możliwości na podstawie międzynarodowych dokumentów IEC.

2.2.1 Ochrona odgromowa wg PN-EN/IEC 62305

Część 1: właściwości udarów piorunowych

W części 1 tej normy [1] opisano charakterystyczne właściwości udarów piorunowych, prawdopodobieństwo ich wystąpienia oraz potencjalne zagrożenie.

Część 2: analiza ryzyka

Część 2 tej normy [2] opisuje metodę analizy konieczności zapewnienia ochrony odgromowej obiektu budowlanego. Rozpatrywane są tutaj różne źródła uszkodzeń, np. bezpośrednie uderzenie pioruna w budynek, jak i powstałe w ich efekcie rodzaje szkód:

- Utrata zdrowia lub życia przez ludzi
- Utrata usług publicznych technicznych
- Utrata bezcennych dóbr kultury
- Straty dla gospodarki

Korzyści ekonomiczne oblicza się poprzez porównanie rocznych kosztów całkowitych systemu odgromowego z kosztami możliwych szkód w przypadku braku systemu odgromowego. Koszty oblicza się na podstawie nakładów na

projekt, wykonanie oraz bieżące utrzymanie systemu ochrony odgromowej.

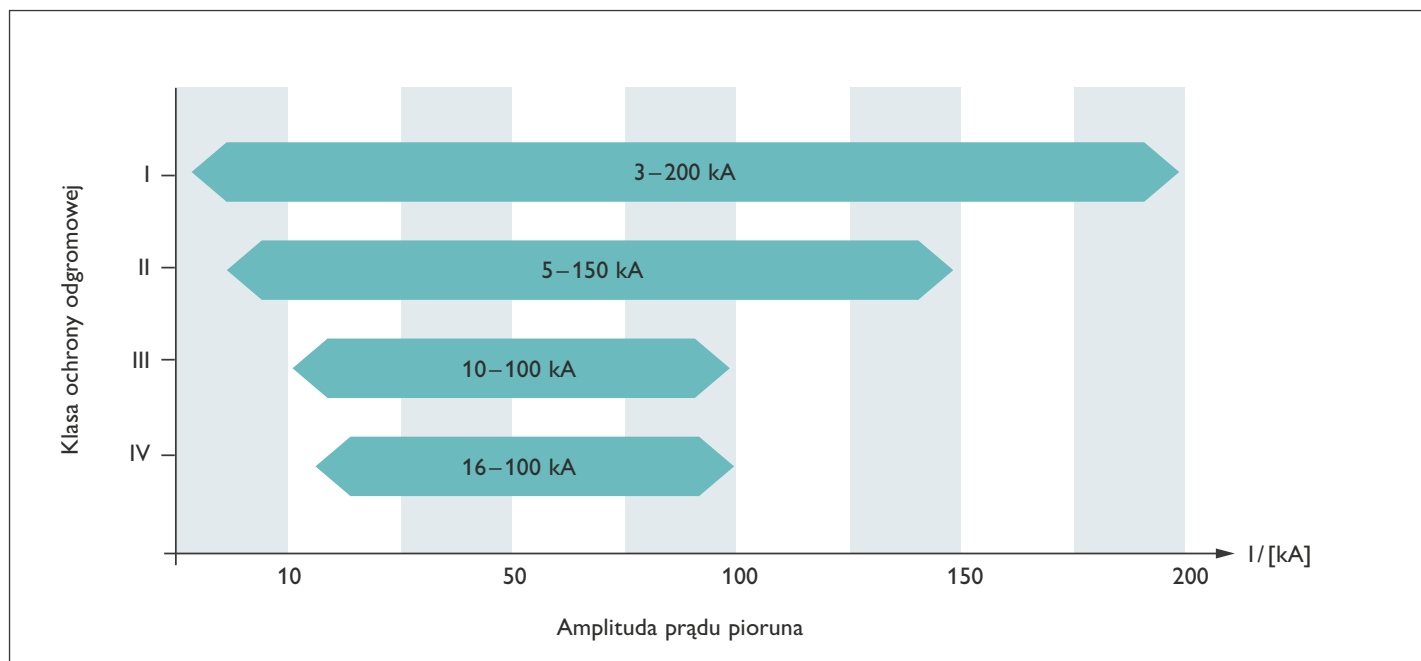
Część 3 i 4: narzędzia i wytyczne do projektowania

Jeśli analiza ryzyka wykaże konieczność i uzasadnienie ekonomiczne wykonania ochrony odgromowej, na podstawie części 3 [3] i 4 [4] tej normy można zaplanować rodzaj i zakres konkretnych środków ochrony. Kwestią decydującą o rodzaju i zakresie niezbędnych środków jest tzw. poziom zagrożenia określony na podstawie analizy ryzyka.

W przypadku obiektów budowlanych wymagających zapewnienia wysokiego poziomu bezpieczeństwa instalacje odgromowe muszą być w stanie przejąć na siebie i odprowadzić niemal wszystkie uderzenia pioruna. Instalacje w obiektach, w których można zaakceptować większe ryzyko, mogą nie przejmować piorunów o mniejszych amplitudach. Ilustracja 14 przedstawia w zależności od poziomu zagrożenia najniższe amplitudy prądu piorunów, które mogą zostać przyjęte, oraz najwyższe amplitudy prądu piorunów, które mogą zostać odpro-

wadzone. Określają to klasy ochrony odgromowej I do IV.

Ponadto określają one prawdopodobieństwo przyjęcia w odniesieniu do całkowitej mocy pioruna. Najwyższa klasa ochrony odgromowej I odpowiada przy tym prawdopodobieństwu przejścia 99%.



Ilustr. 14: Klasy ochrony odgromowej wg PN-EN/IEC 62305-1 [1] z właściwymi wartościami minimalnymi i maksymalnymi amplitudy prądu pioruna

2.2.2 Ochrona przed przepięciami wg PN-EN/IEC 60364-4-44

W normie IEC 60364-4-44 [5] określono m.in. wymagania dotyczące ochrony instalacji elektrycznej przez przepięciami przejściowymi spowodowanymi oddziaływaniami atmosferycznymi.

Obszar zastosowania normy obejmuje przepięcia przejściowe przenoszone przez sieć elektroenergetyczną. Oprócz przepięć powstających np. w wyniku procesów przełączania są to również bezpośrednio uderzenia pioruna w przewód zasilający. Bezpośrednie wyładowanie piorunowe w obiekt budowlany lub w jego pobliżu nie są uwzględnione, należy w tym zakresie zastosować

normę IEC 62305 [1-4]. Norma nie ma zastosowania również do instalacji, jeżeli skutki przepięć wpływają na:

- obiekty budowlane zagrożone wybuchem,
- obiekty budowlane, których uszkodzenie mogłyby mieć wpływ na środowisko (np. obiekty związane z chemią lub elektrownie jądrowe).

Ograniczniki przepięć należy stosować zgodnie z normą PN-EN/IEC 60364-4-44 wyłącznie wtedy, gdy przepięcia przejściowe mogą mieć wpływ na następujące zagadnienia jak:

- Życie ludzkie, np. instalacje zabezpieczające, obszary medyczne
- Obiekty publiczne i kulturalne, np. brak usług publicznych, centra telekomunikacyjne, muzea

- Obiekty przemysłowe lub komercyjne, np. hotele, banki, zakłady produkcyjne, rynki handlowe, gospodarstwa rolne
- We wszystkich innych przypadkach należy przeprowadzić ocenę ryzyka zgodnie z normą krajową/międzynarodową.

Są jednak inne w poszczególnych krajach wyjątki, w których stosowanie ochrony przed przepięciami jest zasadniczo obowiązkowa, w związku z czym nie ma konieczności przeprowadzenia analizy ryzyka.

2.3 Podstawowe środki i urządzenia ochronne

Do zapewnienia kompleksowej ochrony obiektu budowlanego przed skutkami wyładowań piorunowych i przepięć konieczne są różne dostosowane do siebie środki lub urządzenia ochronne. Można je podzielić ogólnie w następujący sposób:

- Zewnętrzna ochrona odgromowa
- Wewnętrzna ochrona odgromowa
- Uziemienie i połączenie wyrównawcze
- Skoordynowany system SPD

2.3.1 Zewnętrzna ochrona odgromowa

Zadaniem zewnętrznej ochrony odgromowej (ilustr. 15) jest przyjęcie na siebie piorunów zbliżających się do chronionego obiektu oraz odprowadzenie prądu piorunowego od punktu uderzenia do ziemi. Należy unikać niebezpiecznego powstawania iskier. Należy przy tym uniemożliwić występowanie uszkodzeń pod wpływem

czynników termicznych, magnetycznych lub elektrycznych poprzez planowanie i dobór. Zewnętrzna ochrona odgromowa to jeden system składający się ze zwodów, przewodów odprowadzających i uziomów.

Decydujące znaczenie dla projektowania i budowy zewnętrznych systemów ochrony odgromowej ma część 3 normy PN-EN/IEC 62305 [3]. Podstawę stanowi obliczenie i wyznaczenie klasy ochrony odgromowej. Wynika ona z analizy ryzyka. Jeśli nie ma przepisów lub specyfikacji dotyczących zewnętrznej ochrony odgromowej, zaleca się przyjęcie przynajmniej klasy III.

Trzeba ustalić również pozycję zwodów na budynku. Istnieją trzy metody:

- Metoda toczonej kuli
- Metoda kąta ochronnego
- Metoda oczkowa

Dla izolacji od zewnętrznego systemu odgromowego należy zachować określony minimalny odstęp między przewodami

elektrycznymi a instalacjami metalowymi, tzw. dystans separacyjny.



Ilustr. 15 Zewnętrzna ochrona odgromowa na przykładzie domu jednorodzinnego

2.3.2 Wewnętrzna ochrona odgromowa

Wewnętrzny system ochrony odgromowej powinien zapobiegać powstawaniu niebezpiecznych iskier w obiekcie. Iskry mogą powstać na skutek przepięć spowodowanych piorunem w zewnętrznym systemie ochrony odgromowej lub innych przewodzących elementach obiektu budowlanego.

Wewnętrzny system ochrony odgromowej składa się z systemu połączeń wyrównawczych oraz izolacji elektrycznej w postaci odpowiednich odstępów lub właściwych materiałów zewnętrznego systemu ochrony odgromowej.

Połączenie wyrównawcze ochrony odgromowej pomaga uniknąć niebezpiecznych różnic potencjału. Zasadniczo następuje połączenie systemu odgromowego z instalacjami metalowymi, systemami wewnętrznymi oraz systemami elektrycznymi i elektronicznymi w obiekcie. Stosuje się do tego przewody wyrównawcze, ograniczniki przepięć lub iskierniki separacyjne.

2.3.3 Uziemienie i połączenie wyrównawcze

Zadaniem uziemienia jest rozprrowadzenie w ziemi odprowadzonego prądu piorunowego. Dla skutecznego odprowadzania prądu piorunowego kluczowe znaczenie ma geometria instalacji uziemiającej, a nie wartość rezystancji uziemienia. Ważne jest również skuteczne połączenie wyrównawcze. Połączenie wyrównawcze łączy ze sobą przewodami wszystkie części przewodzące elektrycznie. Aktywne przewody są przy tym włączone w połączenie wyrównawcze przez ograniczniki przepięć.

2.3.4 Skoordynowany system SPD

Pod pojęciem skoordynowanego systemu SPD należy rozumieć wielostopniowy system dobranych do siebie odpowiednio ograniczników przepięć.

Aby wykonać skuteczny system SPD, zaleca się stosowanie następujących zasad:

- Podział obiektu budowlanego na tzw. strefy ochrony odgromowej
- Włączenie wszystkich przewodów przecinających granice stref poprzez odpowiednie urządzenia SPD do lokalnego połączenia wyrównawczego
- Skoordynowanie różnych typów urządzeń SPD: urządzenia muszą działać w sposób skoordynowany względem siebie, aby zapobiec przecięciu poszczególnych SPD.
- Stosowanie krótkich przewodów doprowadzających do podłączenia urządzeń SPD między aktywnymi przewodami a połączeniem wyrównawczym
- Osobne układanie przewodów chronionych i niechronionych
- W przypadku ochrony przed przepięciami obwodów przesyłania sygnałów zaleca się wykonanie uziemienia obwodów chronionych tylko przez odpowiednie urządzenie SPD

2.4 Strefy ochrony odgromowej

Miejsca instalacji urządzeń zabezpieczających w obiekcie budowlanym określa się na podstawie tzw. koncepcji stref ochrony odgromowej opisanej w części 4 normy odgromowej PN-EN/IEC 62305 [4].

Obiekt budowlany dzieli się na strefy ochrony odgromowej (lightning protection zone, LPZ) w kierunku od zewnątrz do wewnątrz z obniżającym się poziomem zagrożenia. W strefach zewnętrznych można stosować wyłącznie niewrażliwe wyposażenie elektryczne, natomiast w strefie wewnętrznej również urządzenia czułe.

Poszczególne strefy mają następujące nazwy i charakterystykę:

LPZ 0_A

Strefa niezabezpieczona poza budynkiem, w którym mogą wystąpić bezpośrednio wyładowania piorunowe. Niebezpieczeństwa i szkody mogą powstawać z powodu bezpośredniego przepływu prądów piorunowych w przewodach oraz nietłumionego pola magnetycznego wyładowania piorunowego.

LPZ 0_B

Strefa poza budynkiem zabezpieczona przed bezpośrednim uderzeniem pioruna np. poprzez zwód. Niebezpieczeństwa i szkody mogą powstawać z powodu nietłumionego pola elektromagnetycznego wyładowania piorunowego oraz induk-

wanych prądów udarowych w przewodach.

LPZ 1

Strefa wewnątrz budynku, w której trzeba liczyć się z wystąpieniem wysokoenergetycznych przepięć lub prądów udarowych oraz silnych pól elektromagnetycznych.

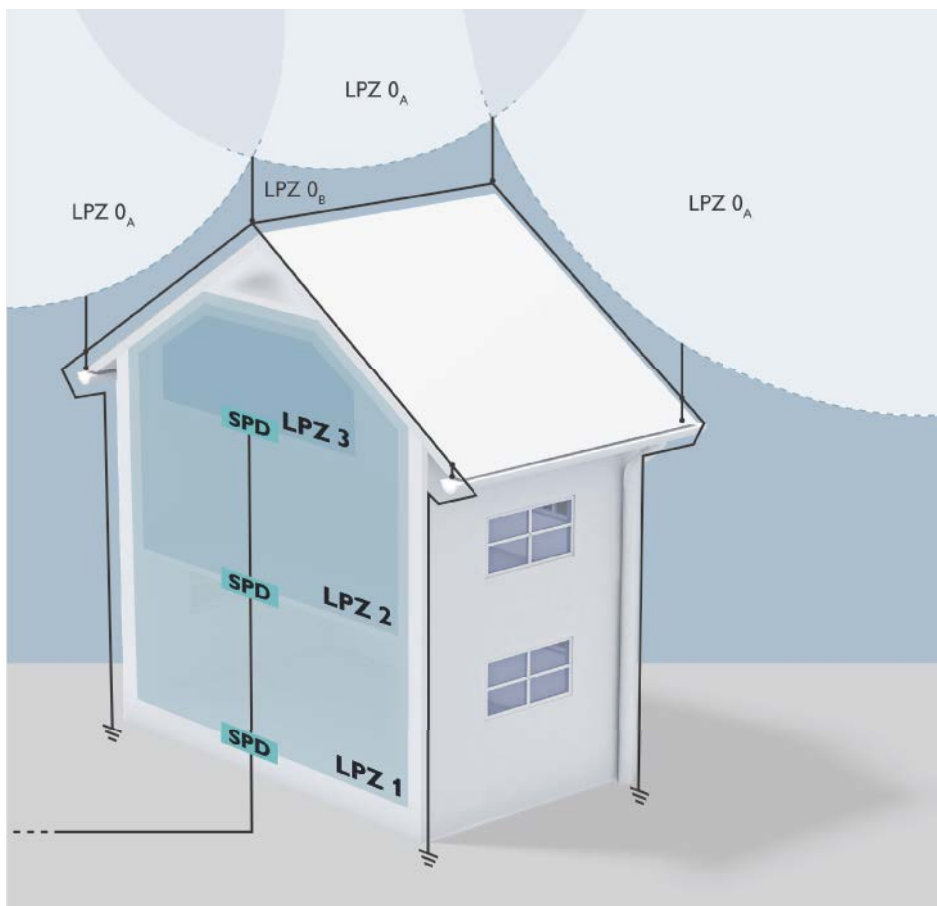
LPZ 2

Strefa wewnątrz budynku, w której trzeba liczyć się z wystąpieniem złagodzonych znacznie przepięć lub prądów udarowych oraz pól elektromagnetycznych.

LPZ 3

Strefa wewnątrz budynku, w której trzeba liczyć się już wyłącznie z bardzo niskimi przepięciami lub prądami udarowymi oraz bardzo słabymi polami elektromagnetycznymi.

Na wszystkich przewodach przecinających granice stref należy zastosować skoordynowane ograniczniki przepięć (ilustr. 16). Zdolność wyładowcza zależy od wymaganej klasy ochrony odgromowej określonej przez wymogi prawa, wymogi władz, wymogi zakładów ubezpieczeń lub określonej na podstawie analizy ryzyka. Przy doborze urządzeń zabezpieczających zgodnie z normą należy przyjąć, że 50% prądu piorunowego jest odprowadzane do ziemi. Pozostałe 50% prądu piorunowego dostaje się poprzez główne połączenie wyrównawcze do instalacji elektrycznej i tam musi zostać odprowadzone przez system SPD.



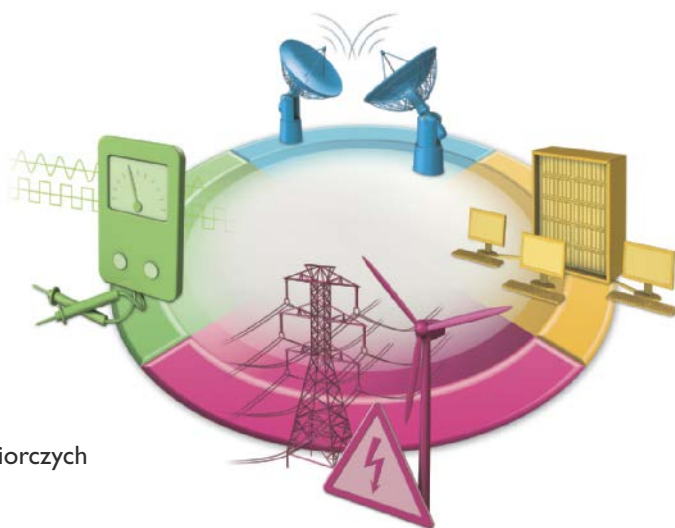
Ilustr. 16: Koncepcja stref ochrony odgromowej ze skoordynowanymi względem siebie SPD na poszczególnych przejściach między strefami

2.5 Zasada okręgu ochronnego

Strefową koncepcję ochrony odgromowej przedstawia w przystępny sposób tzw. okrąg ochronny (ilustr. 17). Wokół chronionego obiektu należy wyznaczyć okrąg. We wszystkich punktach, w których przewody przecinają ten okrąg, należy zainstalować urządzenia zabezpieczające. W ten sposób obszar w obrębie okręgu ochrony jest zabezpieczony. Sprężenia przepięć w przewodach są łagodzone tak, że zapewniona jest skuteczna ochrona.

Okrąg ochronny musi obejmować wszystkie elektryczne i elektroniczne przewody obwodów, jak:

- Zasilania
- Aparatury kontrolno-pomiarowa i automatyki
- Systemów informatycznych
- Urządzeń nadawczych i odbiorczych



Ilustr. 17: Okrąg ochronny

3

Klasyfikacja i badanie ograniczników przepięć

Ograniczniki przepięć muszą wykazywać określone funkcje ochrony i parametry, aby nadawać się do zastosowania w odpowiednich koncepcjach ochrony. Dlatego są konstruowane, badane i klasyfikowane według międzynarodowej serii norm produkcyjnych. Lecz również podczas dalszej eksploatacji należy regularnie kontrolować ich prawidłowe działanie, a tym samym zachowanie funkcji ochronnej, jak jest to również wymagane w przypadku innych elementów instalacji elektrycznych i elektronicznych mających wpływ na bezpieczeństwo.

3.1 Wymagania wg PN-EN/IEC 61643

Ograniczniki przepięć (SPD) są sklasyfikowane ogólnie wg swych parametrów w zależności od klasy ochronności i miejsca zastosowania w normie przedmiotowej PN-EN/IEC 61643. Zdefiniowano w niej określone pojęcia, ogólne wymagania oraz metody badań urządzeń zabezpieczających. W serii norm znajdują się m.in.:

- PN-EN/IEC 61643-11: Niskonapięciowe urządzenia ograniczające przepięcia – Wymagania i metody badań [6]
- PN-EN/IEC 61643-21: Urządzenia do ograniczania przepięć w sieciach telekomunikacyjnych i sygnalizacyjnych – Wymagania eksploatacyjne i metody badań [7]
- PN-EN/IEC 61643-31: Urządzenia ograniczające przepięcia w instalacjach niskonapięciowych – Wymagania i metody badań dla urządzeń ograniczających przepięcia stosowanych w instalacjach fotowoltaicznych [8]

Seria norm ma zostać rozszerzona w przyszłości o następującą część:

- PN-EN/IEC 61643-41: Urządzenia do ograniczania przepięć w niskonapięciowych sieciach napięcia stałego – Wymagania i metody badań



Ilustr. 18: PN-EN/IEC 61643 – Norma przedmiotowa dla urządzeń zabezpieczających

3.2 Ważne parametry dla urządzeń zabezpieczających

Napięcie znamionowe (U_N)

Wartość znamionowa napięcia obwodu prądowego lub sygnałowego w odniesieniu do przewidzianego zastosowania SPD.

Podane napięcie znamionowe dla urządzenia SPD odpowiada napięciu systemowemu typowego miejsca zastosowania SPD, czyli dla klasycznej instalacji trójfazowej np. 230/400 V AC. Również systemy z niższymi napięciami systemowymi mogą być chronione przez SPD. W przypadku wyższych napięć systemowych należy zdecydować w każdym przypadku, czy można zastosować SPD i czy należy przestrzegać jakichś ograniczeń.

Znamionowy prąd obciążenia (I_L)

Maksymalna skuteczna wartość prądu znamionowego, jaki może popłynąć do odbiornika o charakterze rezystancyjnym podłączonego do chroniącego wyjścia SPD.

Ta wartość maksymalna jest określana przez elementy przewodzące prąd roboczy wewnątrz SPD. Muszą one wytrzymać termicznie ciągle obciążenie prądowe.

Odporność na zwarcia (I_{SCCR})

Najwyższy prąd zwarcia sieci elektrycznej, dla którego dobrano SPD w połączeniu z znajdującym się wcześniej zabezpieczeniem nadmiarowo-prądowym.

Odporność na zwarcia określa, do jakiego spodziewanego prądu zwarcia w miejscu montażu można zastosować SPD. Odpowiednie badania w celu określenia tej wartości wykonuje się w połączeniu z maksymalnie dozwolonym zainstalowanym wcześniej zabezpieczeniem nadmiarowo-prądowym (overcurrent protective device, OCPD). W przypadku specjalnych urządzeń zabezpieczających do instalacji fotowoltaicznych wartość I_{SCPV} odpowiada maksymalnemu stałemu prądowi zwarcia w instalacji, do którego można zastosować SPD.

Najwyższe napięcie trwałe (U_C)

Najwyższa wartość skuteczna napięcia, jakie może występować stale na przyłączach urządzenia SPD.

Najwyższe napięcie trwałe musi przekraczać napięcie znamionowe o co najmniej 10%. W systemach o większych wahaniami napięcia trzeba stosować urządzenia SPD o większym odstępnie między U_C i U_N .

Poziom ochrony (U_p)

Maksymalne napięcie, jakie może występować na zaciskach przyłączeniowych SPD podczas obciążenia impulsem napięcia o określonej stromości oraz obciążenia prądem wyładowczym o danej amplitudzie i kształcie fal.

Ta wartość charakteryzuje skuteczność ochrony przepięciowej SPD. W przypadku przepięcia lub prądu udarowego w zakresie parametrów roboczych SPD, napięcie na chronionych zaciskach SPD zostanie ograniczone do tej maks. wartości.

Udarowy prąd piorunowy (I_{imp})

Wartość szczytowa prądu płynącego przez SPD w kształcie impulsu (10/350 μ s).

Kształt impulsu (10/350 μ s) prądu udarowego jest stosowany do symulacji przebiegu prądu bezpośrednich wyładowań piorunowych. Wartość prądu udarowego pioruna jest stosowana do specjalnych badań SPD w celu wykazania jego odporności na wysokoenergetyczne prądy piorunowe. W zależności od klasy ochrony odgromowej wymaganej dla instalacji odgromowej SPD muszą posiadać odpowiednie wartości minimalne w odniesieniu do tej wartości szczytowej.

Znamionowy prąd wyładowczy (I_n)

Wartość szczytowa prądu w formie impulsu (8/20 μ s), który przepływa przez SPD.

Kształt impulsu (8/20 μ s) jest charakterystyczny dla skutków pośredniego uderzenia pioruna lub operacji łączeniowej. Wartość znamionowego prądu wyładowczego stosuje się do szeregu badań SPD, między innymi do wyznaczania poziomu ochrony. W zależności od klasy ochrony odgromowej wymaganej dla instalacji odgromowej SPD muszą posiadać odpowiednie wartości minimalne w odniesieniu do tej wartości szczytowej.

Napięcie bez obciążenia (U_{OC})

Napięcie bez obciążenia generatora hybrydowego na zaciskach SPD.

Generator hybrydowy wytwarza tak zwany udar kombinowany, tzn. w stanie bez obciążenia dostarcza impuls napięciowy o określonym kształcie, z reguły (1,2/50 μ s), a w stanie zwarcia impuls prądowy o określonym kształcie, z reguły (8/20 μ s). Udar kombinowany jest charakterystyczny dla skutków napięć indukowanych. W zależności od klasy ochronności wymaganej dla instalacji odgromowej SPD muszą posiadać odpowiednie wartości minimalne tego parametru.

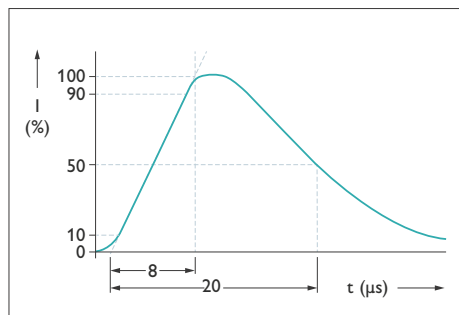
Normatywne impulsy prądu udarowego i napięcia udarowego

Funkcja ograniczenia napięcia przez SPD jest sprawdzana m.in. przez prądy udarowe o kształcie impulsu (8/20 μ s) (ilustr. 19), tzn. z czasem narastania 8 μ s i czasem do półszczytu 20 μ s. Ten kształt impulsu dostarcza informacji również o charakterystyce zadziałania SPD. W przypadku urządzeń SPD przełączających napięcie, takich jak iskierniki lub gazowane urządzenia zabezpieczające, ta charakterystyka odpowiedzi jest dodatkowo

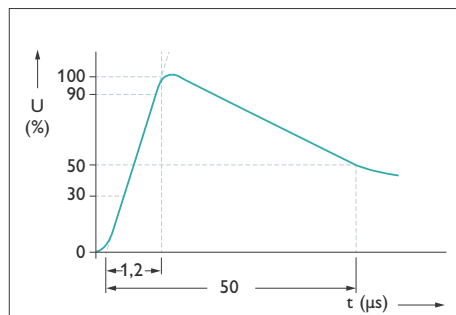
sprawdzana bardzo szybkim impulsem napięcia udarowego o kształcie impulsu (1,2/50 μ s) (ilustr. 20).

Urządzenia SPD stworzone do ochrony przed bezpośrednimi prądami piorunowymi są sprawdzane dodatkowo prądami udarowymi o kształcie impulsu (10/350 μ s) (ilustr. 21). Amplituda zależy od podanego przez producenta impulsowego prądu udarowego pioruna określonego dla urządzenia. Ten kształt impulsu przy tej samej amplitudzie zawiera kilkakrotnie wyższy ładunek w porównaniu z kształtem impulsu (8/20 μ s). Po wzglę-

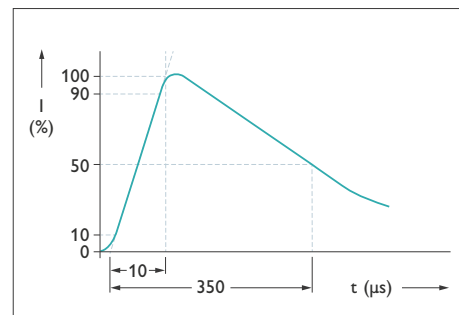
dem energetycznym obciąża on SPD dużo bardziej.



Ilustr. 19: Przebieg impulsu prądu wyladowczego (8/20 μ s)



Ilustr. 20: Przebieg impulsu napięcia udarowego (1,2/50 μ s)



Ilustr. 21: Przebieg impulsu prądu wyladowczego (10/350 μ s)

3.3 Przeglądy i kontrole wg PN-EN/IEC 62305

Aby zapewnić wysoką dyspozycyjność systemu, użytkownik musi dokonywać regularnych przeglądów i kontroli instalacji elektrycznej (tabela 1). Jest to wymagane w zależności od rodzaju systemu, przepisów prawa, organów nadzoru oraz organizacji branżowych. Wymóg regularnych przeglądów i kontroli zewnętrznych oraz wewnętrznych

systemów ochrony odgromowej określono w załączniku E.7 normy odgromowej PN-EN/IEC 62305-3 [3]. Do fachowych przeglądów systemów odgromowych są niezbędne szczególne kwalifikacje. Dlatego zgodnie z wymogami przeglądy te musi wykonywać specjalista ochrony odgromowej. Przegląd obejmuje również kontrolę urządzeń SPD. Norma zobowią-

zuje do właściwego udokumentowania przeglądu. Należy zwrócić szczególną uwagę na następujące trzy kwestie:

Klasa ochrony odgromowej	Oględziny (w latach)	Pełne sprawdzenie (w latach)	Pełne sprawdzenie urządzeń krytycznych (w latach)
I i II	1	2	1
III i IV	2	4	1

Tabela 1: Częstotliwość przeglądów wg PN-EN/IEC 62305-3 [3]

- „Pełne sprawdzenie urządzeń krytycznych” odnosi się do obiektów budowlanych zawierających wrażliwe systemy lub obiektów użytkowanych przez większą liczbę osób.
- Obiekty budowlane zagrożone wybuchem muszą być poddawane oględzinom co 6 miesięcy. Badanie elektryczne systemów należy wykonywać raz w roku.
- Obiektom o wysokich wymogach bezpieczeństwa przepisy mogą określać obowiązek pełnego przeglądu. Może to być konieczne po wyładowaniu piorunowym w obrębie określonego promienia wokół danego obiektu.

3.3.1 Przegląd elektryczny

Tutaj z pewnością nasuwa się pytanie, czym dokładnie jest pełen przegląd elektryczny. Na podstawie samych oględzin często nie można niezawodnie stwierdzić sprawności urządzenia SPD. Natomiast przegląd elektryczny może w sposób wyraźny wykazać skuteczność SPD.

Podczas przeglądu elektrycznego urządzeń SPD symulując prawdziwe przepięcie wybiera się takie napięcie pomiarowe, aby urządzenie SPD „pracowało”, tzn. stało się przewodzące. Wyniki pomiarów porównuje się następnie z wartościami referencyjnymi i ocenia.

3.3.2 Urządzenie testujące CHECKMASTER 2

CHECKMASTER 2 (ilustr. 22) to przenośne, wytrzymałe i łatwe w obsłudze wysokonapięciowe urządzenie firmy Phoenix Contact służące do testów wtykowych ograniczników przepięć. Wykonuje automatyczną kontrolę elektryczną wtykowych urządzeń SPD.

Zalety

To modułowe i inteligentne urządzenie testujące jest wyposażone w ekran do obsługi, skaner kodów kreskowych, sterownik PLC oraz generator wysokiego napięcia z możliwością zdalnego sterowania i funkcją ograniczania prądu. Poprzez adaptory pomiarowe urządzenie CHECKMASTER 2 można w prosty sposób dopasować do różnych ograniczników przepięć. Adaptory te wymienia się bez użycia narzędzi i konieczności wyłączenia urządzenia testującego.

CHECKMASTER 2 nie tylko wykrywa uszkodzone ograniczniki przepięć. Jest również w stanie wykryć takie, których parametry elektryczne są bliskie przekroczenia określonego zakresu tolerancji.

Aby móc kontrolować ograniczniki przepięć powstałe w przyszłości, poprzez złącze USB można instalować aktualizacje oprogramowania. Są one dostępne dla bazy danych elementów, oprogramowania sprzętowego oraz języków obsługi.

Protokół z wynikami kontroli, miejscami montażu i danymi alfanumerycznymi zapisuje się w sposób zabezpieczony przed awarią sieci. Można go zapisać w pamięci USB. Protokół można przetwarzać za pomocą standardowych pro-

gramów biurowych (MS-Word, MS-Excel itd.).

CHECKMASTER 2

CHECKMASTER 2 umożliwia komfortową i w pełni automatyczną kontrolę wtykowych urządzeń zabezpieczających. W sposób niezawodny wykrywa nie w pełni sprawny i przeciążony ogranicznik przepięć, co umożliwia jego prewencyjną wymianę. Wszystkie wyniki kontroli dokumentuje się zgodnie z normą.



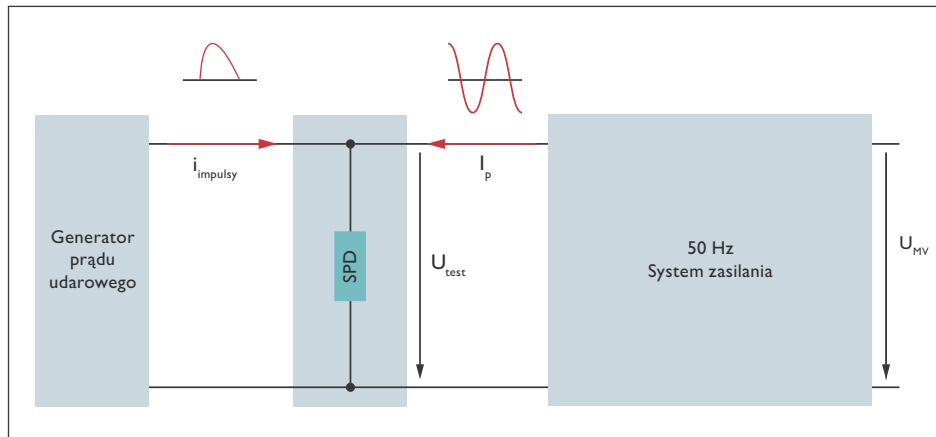
Ilustr. 22: Wysokonapięciowe urządzenie testujące CHECKMASTER 2

3.4 Badania przy pomocy impulsów jak i wysokich prądów

Skuteczność urządzeń zabezpieczających jest tym większa, im dokładniej są one dobrane do wymogów i specyfiki danego obszaru zastosowania. Konstruowanie ograniczników przepięć wymaga zatem symulacji warunków użytkowania w laboratorium, a mówiąc dokładniej, warunków elektrycznych oraz spodziewanych przepięć.

Zbliżona do rzeczywistości symulacja przepięć

Do kwalifikacji pomiarowej sprawnych SPD wszystkich typów niezbędna jest symulacja reakcji na zwarcie w wydajnych instalacjach zasilających niskiego napięcia. W tym celu stosuje się regulowany transformator prądu trójfazowego z dostosowywaną reakcją na prąd zwarciovowy. Symulację tę łączy się z generatorem prądów udarowych wytwarzającym prądy udarowe, które z reguły są wywoływane przez przepięcia przejściowe. Tylko przy takim układzie kontrolnym można wyznaczyć sprawność ograniczników przepięć oraz ich wzajemnie oddziaływanie z różnymi systemami zasilania. Norma PN-EN/IEC 61643-11 [6]



Ilustr. 24: System do testów wielkimi prądami 50 Hz do symulowania różnych instalacji zasilających niskiego napięcia

opisuje przebieg kontroli, nazywanej kontrolą eksploatacyjną. Podczas tej kontroli ogranicznik przepięć podłączony do systemu zasilania o określonych parametrach jest poddawany działaniu impulsów prądu udarowego. Schemat budowy takiego stanowiska kontrolnego, składającego się z generatora prądu udarowego, ogranicznika przepięć oraz systemu zasilania o częstotliwości sieci, przedstawiono na ilustracji 24.

Symulacja prądów udarowych piorunowych

Generatory prądu udarowego (ilustr. 27) to ważny element laboratorium wysokich prądów. Umożliwiają one wyznaczenie zdolności wyładowczej, testowanie elementów zewnętrznej ochrony odgromowej oraz sprawdzanie działania koncepcji ochrony przed przepięciami. Symulują prądy udarowe piorunowe o amplitudzie do 100 kA w kształcie impulsu (10/350 μ s) oraz prądy udarowe



Ilustr. 23: Rezystory i indukcyjności w obwodzie wysokiego i niskiego napięcia transformatora kontrolnego



Ilustr. 25: Stanowiska kontrolne systemu wysokoprądowego



Ilustr. 26: Całkowicie automatyczny system kontroli do wyznaczania zachowania ograniczników przepięć w przypadku przeciążenia i uszkodzenia zgodnie z IEC 61643-11 [6]



Ilustr. 27: Generator prądów piorunowych

z przepięć łączeniowych o amplitudach 200 kA i więcej w kształcie impulsu (8/20 μ s).

Testy w pełni zautomatyzowane

Wymagania w stosunku do urządzeń zabezpieczających zgodnie z PN-EN / IEC 61643-11 [6] obejmują testy (ilustr. 26), które oceniają ich zachowanie w razie przeciążenia i uszkodzenia. Ważną kontrolą symulującą starzenie ograniczników przepięć na skutek wzrostu prądów upływowych jest tak zwany test stabilności termicznej. Wykonanie próby może trwać kilka godzin. Podobnie sekwencje testów wymagające dużo czasu i zasobów zdefiniowano w normie IEC 61643-21 [7] poświęconej urządzeniom SDP w obwodach sygnałów.

Akredytacja wg DIN EN ISO / IEC 17025

Liczy się nie tylko wyposażenie techniczne laboratorium kontrolnego. Równie ważne są kwalifikacje personelu, skuteczność systemu zarządzania do zapewnienia jakości oraz niezależność kryteriów kontroli. Najważniejsze wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących opisano w normie DIN EN ISO/IEC 17025. Wdrożenie

i przestrzeganie tego standardu może być sprawdzane i potwierdzane np. przez Deutsche Akkreditierungsstelle (DAkKS).

Laboratorium na najwyższym poziomie

- Każde zdarzenie powodujące przepięcie można zasymulować. We własnym trójfazowym wysokoprądowym 50 Hz systemie do testów Phoenix Contact jest w stanie dokonać zbliżonej do rzeczywistości symulacji właściwości wszystkich sieci zasilających niskiego napięcia. System ten może wytworzyć prądy zwarciove aż do 50 000 A. Dodatkowo parametry testów można sklasyfikować i ustawić bardzo dokładnie, co stanowi idealną podstawę do tworzenia koncepcji ochrony przed prze-
- pięciami na miarę indywidualnych potrzeb.
- Efektywne prowadzenie badań poprzez łatwe odtwarzanie parametrów testów. Laboratorium firmy Phoenix Contact jest wysoko zautomatyzowane, dlatego nadaje się idealnie do ciągłego monitorowania jakości.
- Najwyższa jakość potwierdzona przez niezależne instytucje. Laboratorium prądów impulsowych i wysokich prądów firmy Phoenix Contact posiada akredytację wg DIN EN ISO/IEC 17025.

4

Walory jakości ograniczników przepięć

Klientowi trudno jest ocenić jakość i sprawność ograniczników przepięć. Prawidłowe działanie można sprawdzić jedynie w odpowiednio wyposażonych laboratoriach. Poza wyglądem można kierować się wyłącznie danymi technicznymi podanymi przez producenta. Tym ważniejsza jest wiarygodna deklaracja producenta na temat sprawności urządzenia SPD oraz przeprowadzaniu testów mających podstawę normatywną w odpowiednie części serii norm IEC 61643.

4.1 Deklaracja zgodności CE

Pierwszą deklaracją na temat jakości jest deklaracja zgodności CE. Poświadczają ona zgodność produktu z dyrektywą niskonapięciową 2014/35/UE Unii Europejskiej. Ograniczniki przepięć muszą spełniać przede wszystkim wymagania kontroli serii norm EN 61643 opartej na serii IEC 61643, stanowiące podstawę oceny.

Należy jednak pamiętać, że oceny i deklaracje zgodności CE są wystawiane przez producenta. Nie są zatem równorzędne ze znakiem jakości wydanym przez niezależny instytut lub innym potwierdzeniem badań i oceny produktu

przez podmioty trzecie. Znak CE oznacza jedynie potwierdzenie przez producenta, że jego produkt spełnia odnośne przepisy. W razie wykazania niezgodności z przepisami lub nieuprawnionego użycia oznaczenia CE można wszcząć kroki prawne, które mogą sięgać nawet wydaniem przez europejskie organy nadzoru rynkowego zakazu wprowadzania produktu do obrotu.



Oficjalny znak CE do oznaczania produktów

4.2 Niezależne certyfikaty produktów

Prawdziwym dowodem jakości są certyfikaty produktów wydane przez niezależne instytuty badawcze. Mogą one potwierdzać spełnienie odpowiednich wymogów kontroli. Ponadto mogą dokumentować dodatkowe właściwości produktów, np. odporność na udary i wibracje czy wymagania jakości obowiązujące na określonych rynkach krajowych.

Wymagania normatywne w stosunku do SPD zakładają przeprowadzenie bardzo zaawansowanych badań, które w pełnym zakresie może wykonywać tylko kilka laboratoriów na świecie. Dlatego przy rosnącej stale liczbie producentów i sprzedawców tanich SPD należy zachować duży dystans do podawanej przez nich sprawności urządzeń. Stąd też coraz większe znaczenie ma certyfikacja SPD i potwierdzenie parametrów przez niezależne jednostki.

KEMA, VDE, ÖVE itd.

Znaki kontrolne niezależnych instytutów badawczych potwierdzają np. spełnienie wymogów kontroli serii norm IEC 61643 w jej aktualnym brzmieniu.

UL, CSA, EAC itd.

Te certyfikacje to przykłady wymagań określonych rynków krajowych.

UL i CSA mają własne standardy, które definiują wymogi dotyczące bezpieczeństwa dla produktów przeznaczonych na rynek lub regiony pod wpływem USA. Natomiast EAC to administracyjne dopuszczenie produktów w krajach Euroazjatyckiej Unii Gospodarczej. Jest ono porównywalne z deklaracją zgodności CE i można je uzyskać na podstawie tej deklaracji.

GL, ATEX, IECEx itd.

Dopuszczenia poświadczają zachowania produktów w określonych warunkach otoczenia.

GL potwierdza odporność produktów na czynniki zewnętrzne w warunkach morskich, np. udary, wibracje, wilgotność powietrza czy duże stężenie soli.

Z kolei ATEX i IECEx potwierdzają przydatność produktów do zastosowania w obszarach zagrożonych wybuchem, jakie występują często w obiektach przemysłowych.



Ilustr.28: Certyfikaty produktów wydane przez niezależne instytuty badawcze

Jakość potwierdzona przez niezależne instytuce

Phoenix Contact zleca certyfikację dużej części swojego asortymentu produktów z obszaru ochrony przed przepięciami niezależnym instytutom badawczym. Dla użytkownika stanowi to poświadczenie zgodności z normami oraz najwyższą jakość produktów.

4.3 Kompetencje w dziedzinie ochrony przed przepięciami

Zrozumienie zastosowań

Ze względu na ciągły rozwój systemów i urządzeń elektrycznych powstają cały czas nowe technologie i wskutek tego również nowe rozwiązania techniczne, które stawiają bardzo specyficzne wymagania w stosunku do ochrony przed przepięciami. Jednym z przykładów są systemy wytwarzania energii ze źródeł odnawialnych (systemy fotowoltaiczne i energetyka wiatrowa). Dlatego do tworzenia skutecznych urządzeń zabezpieczających dla konkretnych branż tak ważne jest dokładne rozumienie chronionego systemu i jego otoczenia.

Badania i rozwój

Podstawą dalszego rozwoju jest intensywne zaangażowanie w podstawowe badania i rozwój technologii. Częścią tego są zadania jak:

- Określenie precyzyjnych wymogów w stosunku do urządzeń zabezpieczających (cele ochrony)
- Badanie nowych materiałów odpowiednich do aplikacji

- Tworzenie i udoskonalanie innowacyjnych technologii bazowych
- Prowadzenie procesów rozwoju
- Opracowanie nowych koncepcji ochrony i urządzeń zabezpieczających o właściwościach spełniających potrzeby konkretnych zastosowań

Badania i kwalifikacje

Do rozwoju koncepcji i urządzeń ochrony przed przepięciami konieczne są stanowiska do badań, które mogą symulować realne warunki. Dotyczy to również prób laboratoryjnych.

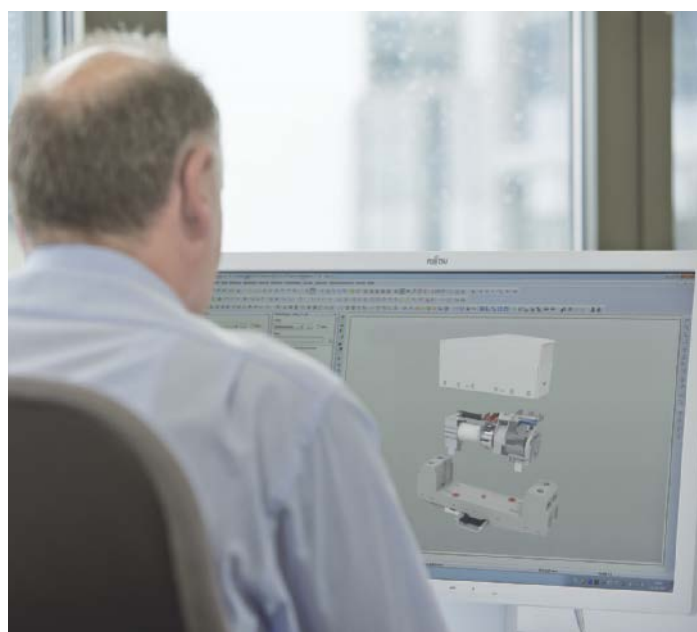
Produkcja i zapewnienie jakości

Produkcja ograniczników przepięć spełniających wymagania rynku na najwyższym poziomie jakości wymaga uwzględnienia aspektów procesowych i technologicznych już na etapie tworzenia tych produktów. Wymaga to odpowiednio wczesnego zaangażowania czynności projektowych z procesami i procedurami rozwoju.

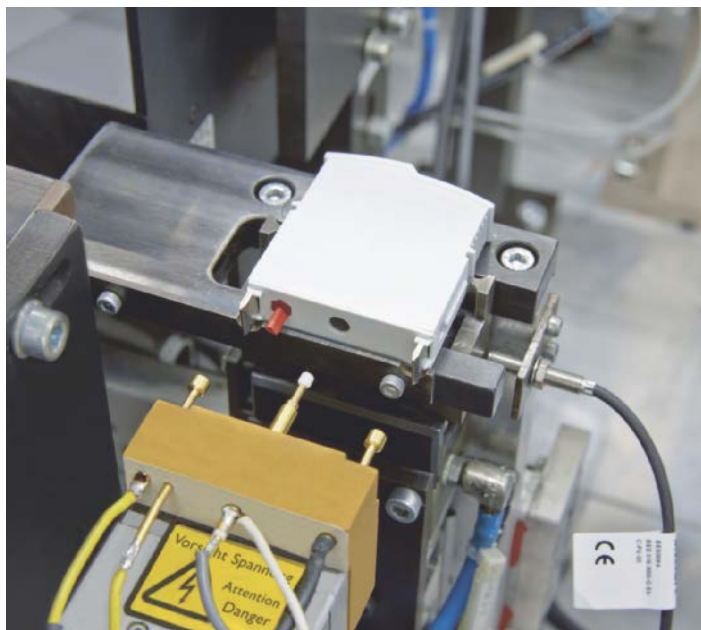
Środki mające na celu zapewnienie jakości są krytyczne i powinny być przeprowadzane w produkcji seryjnej w ramach rutynowych testów. Dla ograniczników przepięć wykonuje się na przykład badania niszczące, które sprawdzają właściwości produktu do granicy ich możliwości i powyżej. Można dzięki temu odpowiednio wcześniej wykryć możliwe odchylenia w procesach produkcyjnych, a tym samym ich wpływ na jakość produktów.



Ilustr. 29: Praktyczne podejście do aplikacji



Ilustr. 30: Rozwój na bazie badań



Ilustr. 31: Kontrola jakości w procesie produkcji



Ilustr. 32: Kontrola w warunkach zbliżonych do rzeczywistych

Partner z doświadczeniem i know-how

Phoenix Contact jako dostawca rozwiązań w dziedzinie ochrony przed przepięciami wnosi za sobą szereg korzyści:

- Własne badania i rozwój w kierunku tworzenia nowych technologii i materiałów do ochrony przed przepięciami.
- Rozwój produktów we współpracy z partnerami technologicznymi i uczelniami wyższymi oraz aktywny udział w uznanych krajowych i międzynarodowych gremiach i grupach roboczych.
- Własne laboratorium prądów udarowych i wysokich prądów sieciowych posiadające akredytację wg ISO/IEC 17025, które umożliwia pełen zakres kwalifikacji urządzeń zabezpieczających zgodnie ze wszystkimi obowiązującymi standardami w dziedzinie ochrony odgromowej i przed przepięciami.
- Ścisłe powiązanie rozwoju produktów, technologii i procesów umożliwiające uwzględnienie aspektów produkcyjnych niezbędnych do uzyskania produktów na najwyższym poziomie jakości jeszcze na etapie powstawania produktu.
- Standardowe badania jakości, które można przeprowadzać jako automatyczne kontrole jednostkowe podczas procesu produkcji bądź jako niszczące kontrole wrywkowe oraz w odniesieniu do partii produkcyjnej, co stanowi gwarancję produktów na najwyższym poziomie jakości i bezpieczeństwa.

5

System monitorowania wyładowań piorunowych

Uderzenia piorunów powodują ogromne uszkodzenia budynków i instalacji. Stanowią szczególne zagrożenie dla obiektów wyeksponowanych, takich jak morskie elektrownie wiatrowe, wieże radiowe, obiekty rekreacyjne czy wysokie budynki. W przypadku położonych wysoko lub rozległych obiektów ciągła obserwacja przez ludzi jest prawie niemożliwa, przez co uszkodzenia zostają zbyt późno zauważone.

System pomiarowy prądu piorunowego LM-S służy do rejestrowania i analizowania uderzeń piorunów w czasie rzeczywistym. Informuje on online o sile uderzenia pioruna na podstawie parametrów skutków wyładowań piorunowych. Dzięki połączeniu parametrów eksploatacyjnych instalacji i danych pomiarowych system ten pozwala na skuteczne planowanie przeglądów kontrolnych i eksploatacyjnych.

5.1 Inteligentne monitorowanie

Uderzenia piorunów mogą powodować olbrzymie straty w budynkach i instalacjach. Może dojść do dużych zniszczeń, które wywołają dalsze szkody.

Wymiar szkody jest uzależniony głównie od ładunku pioruna. Również wersja koncepcji ochrony odgromowej i przed przepięciami wpływa na rozmiar szkody.

Szczególnie narażone na uderzenia pioruna są obiekty wyeksponowane lub wielkopowierzchniowe, np. turbiny wiatrowe, obiekty elektroenergetyczne, duże obiekty przemysłowe i infrastruktura kolejowa. Realizacja kompleksowej ochrony odgromowej w tego rodzaju obiektach jest bardzo trudna, a niekiedy wręcz niemożliwa. Zniszczenia lub uszkodzenia obiektu często zostają

zauważone dopiero na skutek szkód następczych.

Dlatego coraz częściej stosuje się inteligentne systemy monitorujące. Monitorują one stale stan instalacji. Szczególne zdarzenia i niezgodności parametrów zgłaszają bezpośrednio do centralnej jednostki analizującej. Umożliwia to natychmiastowe reagowanie na możliwe usterki lub uszkodzenia, co pozwala na uniknięcie szkód następczych i przestojów.



Ilustr. 33: Lightning Monitoring System

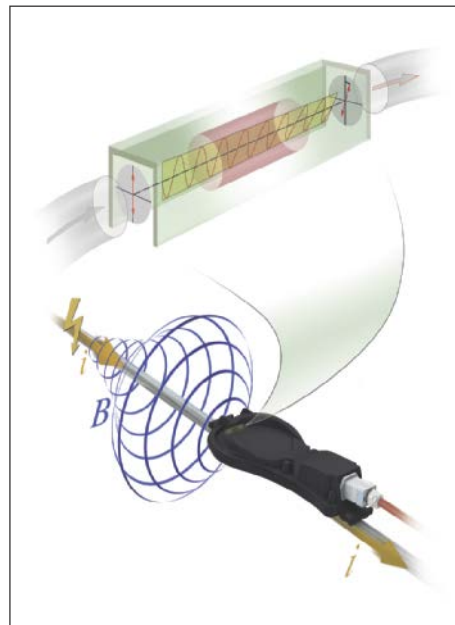
5.2 Pomiar prądów piorunowych

System monitorowania wyładowań piorunowych LM-S (ilustr. 33) umożliwia pomiar prądów piorunowych: gdy piorun uderzy w zwód, wokół przewodu odprowadzającego prąd piorunowy wytwarza się pole elektromagnetyczne. Tak zwany efekt Faradaya oznacza, że takie pole magnetyczne może zmienić polaryzację fal świetlnych. Aby ostatecznie zmierzyć prąd piorunowy, LM-S wykorzystuje ten efekt. Przed torem pomiarowym czujnik polaryzuje się sygnał świetlny. Pod wpływem pola magnetycznego na torze pomiarowym obraca się płaszczyzna polaryzacji sygnału świetlnego. Przy pomocy kolejnego filtra polaryzacyjnego można określić obrót płaszczyzny polaryzacji światła, a tym samym siłę pola magnetycznego, które działało na tor pomiarowy. Charakterystyczne parametry zdarzenia piorunowego, czyli maksymalna amplituda, stromość prądu piorunowego, energia właściwa i ładunek, mogą być ustalane przez jednostkę

analizującą i zapisywane wraz z datą i godziną wyładowania piorunowego.

Jeśli uderzenia piorunów są mierzone w budynkach lub turbinach wiatrowych, to pewne wnioski można wyciągnąć na podstawie relacji między parametrami pioruna a związanymi z nim możliwymi uszkodzeniami lub zniszczeniami.

Uzyskane za pomocą systemu informacje na temat uderzenia pioruna są wykorzystywane również przy ubieganiu się o odszkodowanie. Systemy te są w stanie zlokalizować uderzenie pioruna z dokładnością do 200 metrów. Jedynie system pomiaru prądu piorunowego LM-S może określić czy oraz w którym miejscu piorun trafił w budynek lub instalację.



Ilustr. 34: Zasada zjawiska Faradaya



System pomiaru prądu piorunowego LM-S

System LM-S mierzy uderzenia pioruna w instalację ogromną budynku lub innego obiektu. Wszystkie dane pomiarowe można odczytywać zdalnie poprzez różne interfejsy, np. zintegrowany interfejs WWW czy Modbus. Mierzone są następujące parametry wyładowania piorunowego:

- Amplituda I_{peak}
- Gradient di/dt
- Ładunek Q
- Energia właściwa W/R



Ilustr. 35: System LM-S w wieżowcu Burdż Chalifa

6 Obszary zastosowania

Seria norm IEC 61643 dzieli obszary zastosowania urządzeń zabezpieczających na sieci elektroenergetyczne niskiego napięcia, sieci telekomunikacyjne i sygnalizacyjne oraz instalacje fotowoltaiczne. We wszystkich obszarach obowiązują bardzo różne i indywidualne wymagania. Dlatego również stosowane tam rozwiązania mogą się znacznie różnić. Zastosowaniom tym warto przyjrzeć się bliżej.

6.1 Ochrona sieci napięcia przemiennego

6.1.1 Typy SPD i technologie

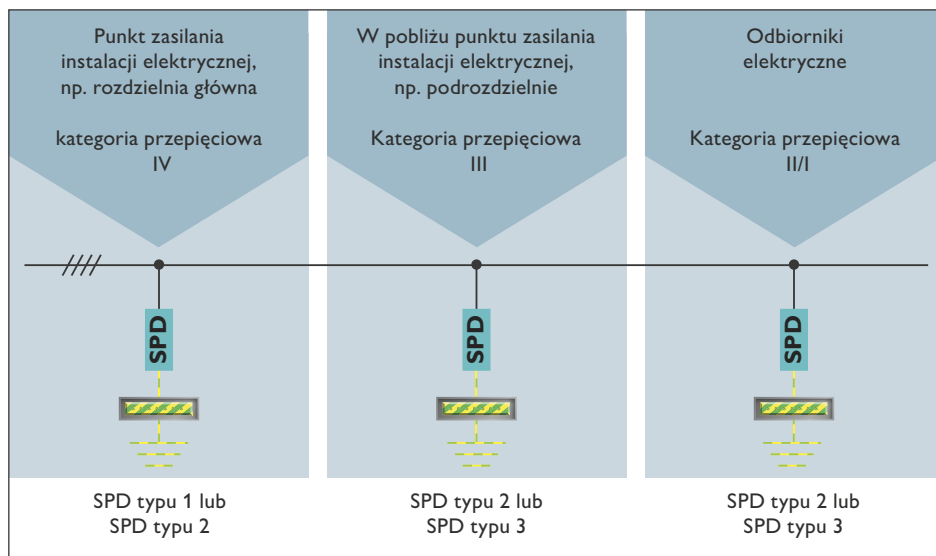
Zgodnie ze strefową koncepcją ochrony odgromowej na wszystkich przewodach przecinających granice stref należy zastosować skoordynowane ze sobą ograniczniki przepięć. Ich parametry zależą od wymaganej klasy ochronności.

Dlatego w zależności od granic stref konieczne są różne SPD (patrz tabela 2). Wymagania wobec poszczególnych typów SPD są określone w normie dla urządzeń zabezpieczających stosowanych w instalacjach niskonapięciowych PN-EN/IEC 61643-11 [6].

Na tej postawie opracowano wielostopniową koncepcję ochrony (ilustr. 36).

Granica stref	Typ SPD	Oznaczenie
LPZ 0 _A → LPZ 1	Typ 1	Odgromnik/kombinacja ograniczników
LPZ 0 _B → LPZ 1	Typ 2	Ogranicznik przepięć
LPZ 1 → LPZ 2	Typ 2	Ogranicznik przepięć
LPZ 2 → LPZ 3	Typ 3	Ochrona urządzeń

Tabela 2: Przejście stref ochrony odgromowej i odpowiedni typ SPD



Ilustr. 36: Wielostopniowa koncepcja ochrony

Stopniowanie stref obniża poziom zagrożenia między poszczególnymi strefami. Amplituda i energia właściwa spodziewanych przepięć/prądów udarowych stopniowo spada. Obniża się zatem również wartość napięcia, do której poszczególne SPD muszą ograniczyć przepięcia. Osiąga się to poprzez odpowiednio niski poziom ochrony SPD, który zależy od wytrzymałości izolacji chronionego wyposażenia elektrycznego w bezpośrednim pobliżu. Wytrzymałość izolacji podaje się wg PN-EN/IEC 60664-1 [9] w kategoriach przepięciowych I do IV (tabela 3).

6.1.2 Typ 1: odgromnik / kombinacja ograniczników

SPD typu 1 muszą spełniać najwyższe wymagania pod względem amplitudy i energii właściwej prądów udarowych, ponieważ ich zadaniem jest również ochrona przed bezpośrednimi wyładowaniami piorunowymi. W typowych środowiskach instalacji rozdzielni głównej obowiązują często bardzo wysokie wymagania pod względem wytrzymałego prądu zwarciovego. Aby można było spełnić te wymagania, konieczna jest skuteczna technologia, np. technologia iskierników.

Technologia iskierników

Zasada działania iskiernika jest bardzo prosta: dwie elektrody znajdują się w określonej odległości od siebie. Takie rozmieszczenie, rozdzielone medium, np. powietrzem, zapewnia efekt izolacji (ilustr. 37). Jeśli między oboma elektrodami wystąpi napięcie, które np. z powodu przepięcia przekroczy wytrzymałość elektryczną powietrza (ok. 3 kV/mm), jest wytwarzany łuk elektryczny. W porównaniu ze stanem izolacji o rezystancji rzędu gigaomów impedancja łuku elektrycznego jest bardzo niska, czyli tym samym również spadek napięcia na iskierniku.

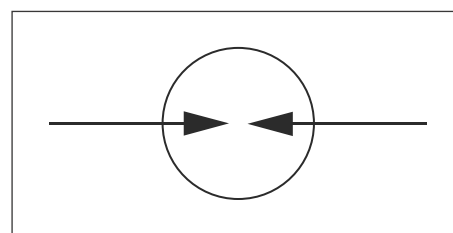
Właściwość ta jest optymalna do odprowadzania prądów piorunowych:

Napięcie znamionowe systemu zasilającego		Napięcie między fazą i przewodem neutralnym na podstawie znamionowego napięcia przemiennego lub stałego do poziomu	Znamionowe napięcie udarowe			
Trójfazowe	Jednofazowe		Kategoria przepięciowa			
			I	II	III	IV
V	V	V	V	V	V	V
		50	330	500	800	1500
		100	500	800	1500	2500
	120 – 240	150	800	1500	2500	4000
230/400 277/480		300	1500	2500	4000	6000
400/690		600	2500	4000	6000	8000
1000		1000	4000	6000	8000	12000

Tabela 3: Kategorie przepięciowe w zależności od napięcia znamionowego

im niższe tzw. napięcie resztkowe iskiernika, tym mniejsza również konieczna do opanowania energia. W odniesieniu do gwałtownej zmiany impedancji i tym samym różnicy napięcia na iskierniku nieliniowa charakterystyka jest określana jako przełączająca napięcie. Dużą zaletą niskiego napięcia resztkowego jest niewielkie obciążenie chronionego sprzętu przez napięcia powyżej napięcia znamionowego lub najwyższego napięcia pracy. Przez stosunkowo długi czas trwania prądów piorunowych napięcie resztkowe iskiernika jest bardzo niskie i mieści się w zakresie najwyższego napięcia pracy chronionego urządzenia. SPD typu 1 z elementami ograniczającymi napięcie (warystory) przekraczają często ten pułap o kilkaset woltów, co stanowi znacznie większe obciążenie dla chronionego sprzętu.

Nowoczesne iskierniki z reguły są zamknięte w wytrzymałych obudowach stalowych, dzięki czemu podczas odprowadzania do otoczenia nie dostają się jonizowane gazy wytworzone przez łuk elektryczny. Dodatkowo iskierniki są często wyzwalane, posiadają też układ ułatwiający zapłon. Ogranicza to napięcie resztkowe do bardzo niskiego poziomu – znacznie poniżej napięcia, jakie wytrzymałoby już choćby na podstawie wytrzyma-



Ilustr. 37: Symbol graficzny iskiernika hermetycznego

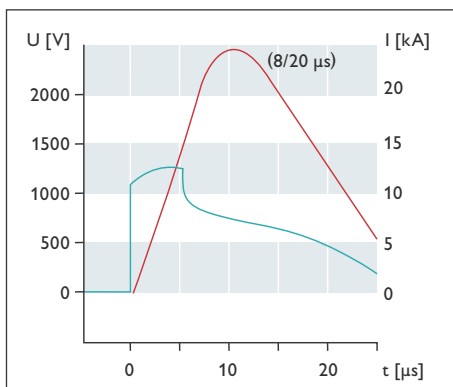
łości elektrycznej powietrza. Nawet jeśli środowisko instalacji urządzenia SPD typu 1 zazwyczaj tego nie wymaga, poziomy ochrony nowoczesnych wyzwalanych iskierników osiągają często pułap najniższej kategorii przepięciowej I (w odniesieniu do napięcia znamionowego sieci).

Zdolność gaszenia prądu następczego

Specjalnym parametrem iskierników jest tzw. zdolność gaszenia prądu następczego I_{fi} . Jeśli nastąpi zapłon iskiernika na skutek przepięcia, stanowi on dla podłączonej sieci zasilającej swego rodzaju zwarcie, przez które przepływa prąd. Iskiernik musi być zatem w stanie po odprowadzeniu samoczynnie stłumić lub przerwać prąd sieciowy, bez zadziałania poprzedzającego zabezpieczenia nadprądowego. Zdolność gaszenia prądu następczego określa, do jakiego spodziewanego prądu zwarciovego w miejscu montażu jest to zapewnione. Nowoczesne iskierniki muszą więc spełniać dwa zadania:

- Odprowadzanie prądów piorunowych o dużej energii
- Blokowanie prądów następczych w sieciach energetycznych o dużej mocy

W przypadku prądów piorunowych impedancja iskiernika jest bardzo niska, aby wprowadzana energia była możliwie jak najmniejsza oraz aby zminimalizować



Ilustr. 38: Typowy wykres napięcia resztkowego wywołanego iskiernikiem przy obciążeniu impulsem (8/20 μ s)

zużycie. Natomiast w przypadku prądów następczych impedancja musi być możliwie jak najwyższa, aby zapewnić szybkie wygaszenie.

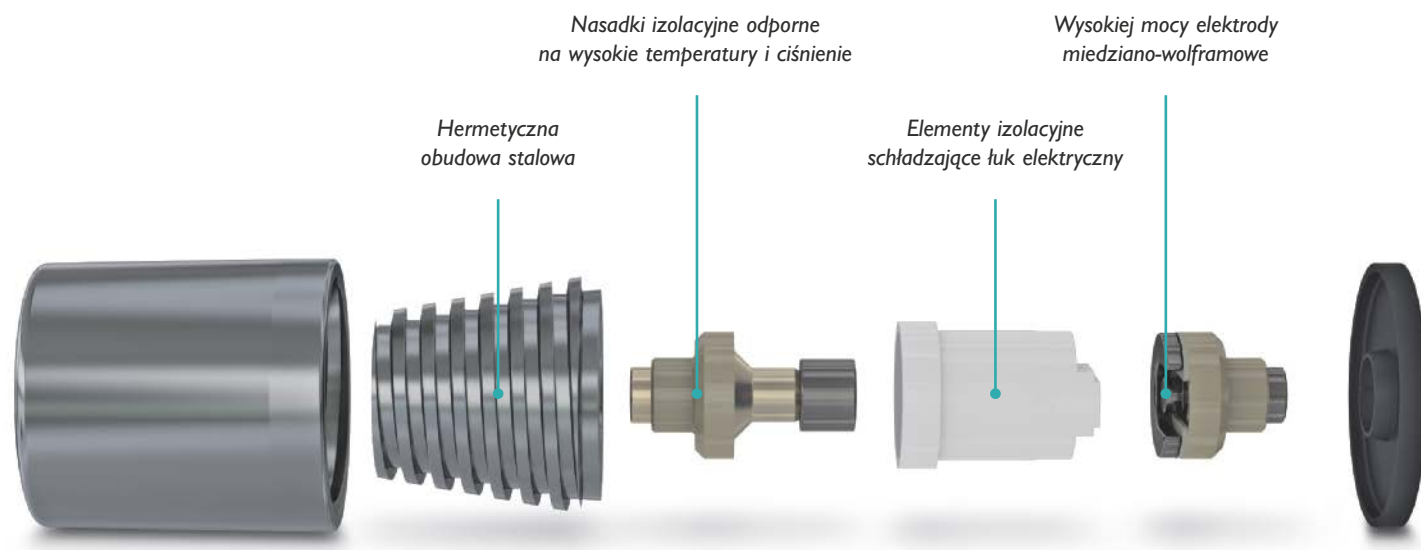
Aby wytrzymać wysokie amplitudy prądu piorunowego do 50 kA w sieciach zasilających o spodziewanych prądach zwarciovych do 100 kA, dzisiejsze iskierniki mają często złożoną konstrukcję i składają się z wielu elementów funkcjonalnych (ilustr. 39).

Technologia iskierników bez prądu następczego

Do zapewnienia możliwie jak najwyższej dostępności systemu bardzo ważne jest ograniczenie prądów następczych:

- Poprzedzające zabezpieczenia nadprądowe nie załączają się ze względu na prądy następcze w sieci
- Brak obciążenia instalacji przez dodatkowy przepływ wysokich prądów
- Zminimalizowanie zużycia iskiernika

Firmie Phoenix Contact jako pierwszej udało się stworzyć i wprowadzić na rynek iskiernik bez prądów następczych z technologią Safe Energy Control (patrz 6.1.10).



Ilustr. 39: Elementy nowoczesnego hermetycznego iskiernika

6.1.3 Typ 2: ogranicznik przepięć

Ograniczniki przepięć typu 2 montuje się zazwyczaj w podrozdzielniach lub szafkach sterowniczych maszyn. Muszą one być w stanie odprowadzić napięcia indukowane przez bezpośrednie uderzenia pioruna lub operacje łączeniowe, lecz nie bezpośrednie prądy piorunowe. Dlatego wprowadzana energia, którą trzeba kontrolować, jest znacznie niższa. Jednak przepięcia indukowane przez operacje łączeniowe są często bardzo dynamiczne. Tutaj doskonale sprawdza się technologia o szybkiej reakcji, np. warystory.

Technologia warystorów

Warystory (variable resistor lub metal oxide varistor, MOV) (ilustr. 40) to elementy półprzewodnikowe wykonane z ceramiki z tlenkami metalu. Są to urządzenia o nieliniowej charakterystyce rezystancji (ilustr. 41). W niskich zakresach napięcia rezystancja warystora jest bardzo wysoka, natomiast przy wyższym napięciu gwałtownie spada, dzięki czemu przez warystor można bez problemu odprowadzić bardzo wysokie prądy.

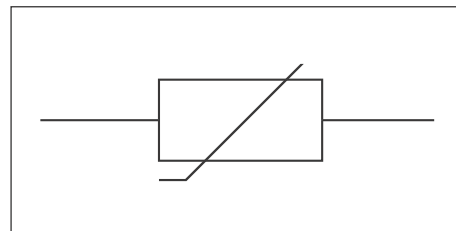
Dlatego też charakterystykę warystorów określa się jako ograniczającą napięcie. Typowy czas zadziałania warystorów mieści się w dolnym przedziale nanosekund, zatem nadają się one szczególnie do ograniczania przepięć dynamicznych.

Warystory odporne na prądy piorunowe

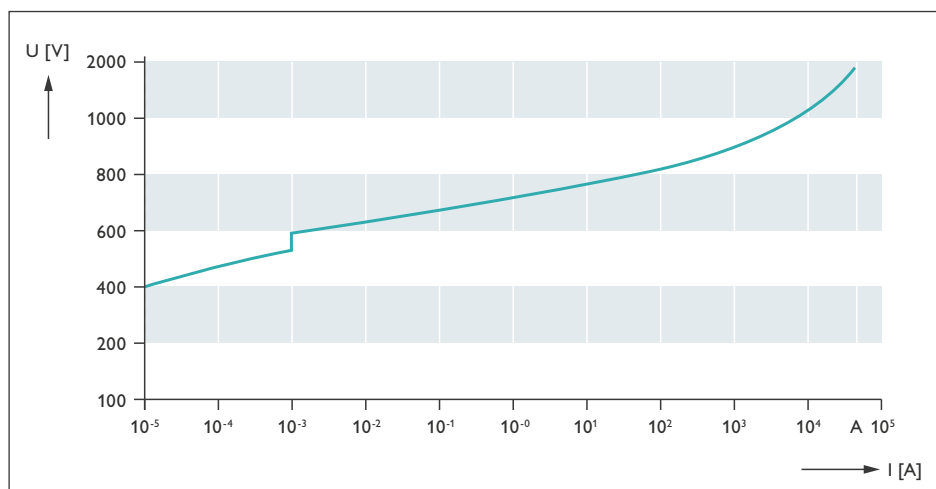
Ceramiki warystorowe mogą odprowadzać nawet prądy impulsowe do 12,5 kA (10/350 μ s) w akceptowalnej przestrzeni montażowej. Z tego względu można je stosować również jako SPD typu 1 do środowisk o niskim poziomie zagrożenia.

Aby uzyskać wyższą zdolność odprowadzania prądów impulsowych od 25 kA do 50 kA (10/350 μ s) trzeba z reguły sięgnąć po połączenie równoległe kilku warystorów. Producenci urządzeń zabezpieczających, którzy nie dysponują technologią iskierników, stosują często wary-

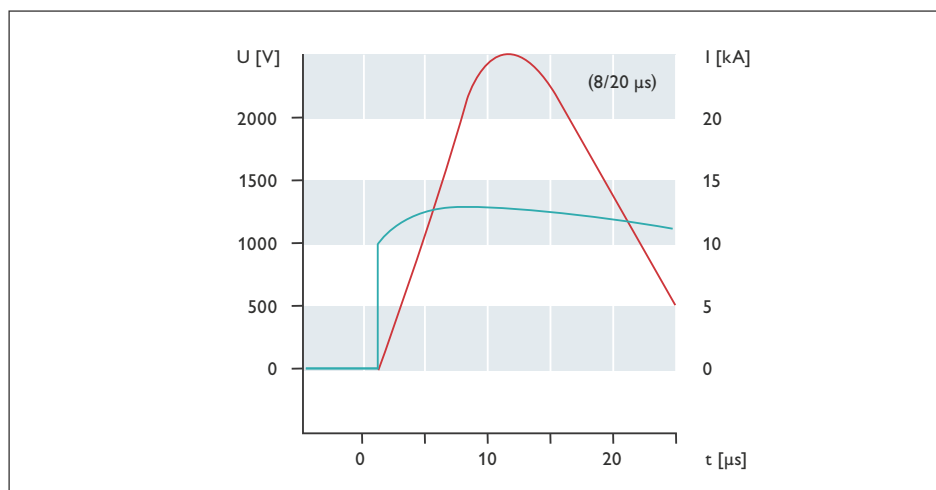
story jako SPD typu 1 w celu spełnienia wymogów klasy ochrony odgromowej I. Koncepcja ta jest jednak obciążona wielkimi wadami. Jeżeli charakterystyka połączonych równoległe warystorów nie będzie się dokładnie zgadzała, co jest praktycznie nie do osiągnięcia, obciążenie poszczególnych torów w czasie odprowadzania będzie się znacznie różnić. W skutek tego będą się one również w innym tempie zużywać. Z czasem nierównomierność obciążenia będzie stale wzrastać. Spowoduje to w końcu przeciążenie warystora, a tym samym usterkę całego urządzenia SPD.



Ilustr. 40: Symbol graficzny warystora



Ilustr. 41: Charakterystyka napięciowo-prądowa warystora o napięciu znamionowym 320 V AC (min. lub maks. tolerancja przed lub za punktem mA)



Ilustr. 42: Napięcie resztkowe warystora o napięciu znamionowym 350 V AC przy obciążeniu 25 kA (8/20 μ s)

6.1.4 Typ 3: ochrona urządzeń

Ogranicznik przepięć typu 3 montuje się z reguły bezpośrednio przed chronionymi urządzeniami końcowymi. Ze względu na różne środowiska instalacji urządzenia SPD typu 3 są dostępne w wielu różnych kształtach. Poza popularnym montażem na szynie montażowej dostępne są urządzenia do montażu w gniazdkach elektrycznych lub do bezpośredniego montażu na płytce drukowanej urządzenia końcowego.

Pod względem technologicznym SPD typu 3 są zbliżone najczęściej do typu 2 na bazie warystorów, choć wymagania pod względem zdolności wyładowczej w stosunku do typu 2 są niższe.

Często może być wskazane połączenie ochrony zasilania z ochroną innych interfejsów odbiorników, np. przewodów danych i przewodów komunikacyjnych. Do tego istnieją urządzenia złożone: zapewniają one ochronę przed przepięciami wszystkich odpowiednich przewodów (zasilających).

6.1.5 Koordynacja różnych typów SPD

Zgodnie ze strefową koncepcją ochrony odgromowej na wszystkich przewodach przecinających granice stref trzeba zastosować skoordynowane ze sobą ograniczniki przepięć. Ich parametry zależą od wymaganej klasy ochronności.

Dlatego w zależności od granic stref mogą być konieczne różne typy (patrz tabela 2). Wymagania dotyczące poszczególnych typów SPD zostały zdefiniowane w normie dotyczącej ograniczników przepięć PN-EN/IEC 61643-11 [6].

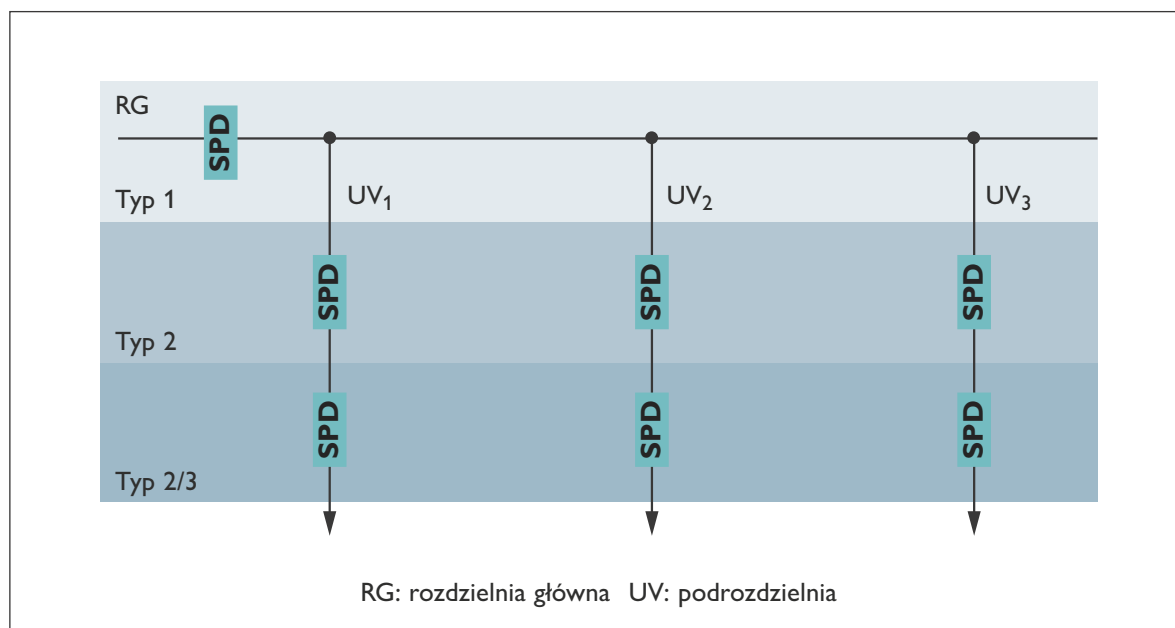
Na tej podstawie można stworzyć wielostopniową koncepcję ochrony (ilustr. 43):

Przy rozpoczęciu od wewnętrznych stref ochrony trzeba skoordynować ze sobą SPD typu 3 i zamontowane wcześniej SPD typu 2. Należy zagwarantować, aby SPD typu 3 nie były przeciążane energetycznie. Ponieważ w strefie ochrony odgromowej 2 mogą występować jeszcze tylko przepięcia o mniejszych amplitudach, koordynację można uzyskać już przez charakterystykę odpowiedzi urządzeń SPD. SPD typu 3 lub stosowane w nim komponenty muszą być

skonstruowane w sposób powodujący ich załączenie dopiero przy wyższych wartościach napięcia niż w urządzeniach SPD typu 2.

Z kolei w kierunku zewnętrznych stref ochrony odgromowej trzeba zapewnić koordynację między SPD typu 2 a zainstalowanym wcześniej SPD typu 1. Ze względu na to, że trzeba się tu liczyć również z bezpośrednimi prądami piorunowymi lub częściowymi prądami piorunowymi, które może przyjąć tylko urządzenie SPD typu 1, szczególnie ważne jest selektywne zadziałanie poszczególnych urządzeń SPD względem siebie. W przeciwnym razie mogłoby dojść do przeciążenia SPD typu 2.

Ze względu na to, że stosowane technologie SPD typu 1 bardzo się od siebie różnią, nie ma ogólnie obowiązujących warunków koordynacji. Niewątpliwą przewagę w tej dziedzinie mają urządzenia SPD typu 1 na bazie iskierników. Ich stosunkowo niskie napięcie resztkowe wynoszące kilkaset woltów przez większość trwania prądu piorunowego gwarantuje niemal całkowite przejęcie przepływu prądu.



Ilustr. 43: Wielostopniowa koncepcja ochrony z różnymi kolejnymi typami SPD

6.1.6 Układy sieci wg PN-HD/IEC 60364

Wersja koncepcji ochrony przed przepięciami dla instalacji trójfazowych zależy między innymi od typu układu sieci. Te systemy mogą różnić się od siebie pod względem uziemienia zasilającego transformatora, instalacji odbiorników oraz ich połączenia.

Norma dotycząca wykonywania instalacji elektrycznych niskiego napięcia PN-HD/IEC 60364-1 [10] określa następujące konfiguracje sieci:

Sieć TN-S

Układ sieci z uziemionym bezpośrednio jednym punktem zasilającego transformatora, z reguły punktem gwiazdowym. Przewód neutralny (N) i ochronny (PE) są prowadzone oddzielnym przewodem do odbiorników. Zasilanie trójfazowe składa się zatem z pięciu przewodów: L1, L2, L3, N i PE (ilustr. 44).

Sieć TN-C

W tym układzie sieci jest uziemiony bezpośrednio punkt gwiazdowy zasilającego transformatora. Przewód neutralny i ochronny są prowadzone jednym przewodem (PEN) do odbiorników. Zasilanie trójfazowe składa się z czterech przewodów: L1, L2, L3 i PEN (ilustr. 45).

Sieć TT

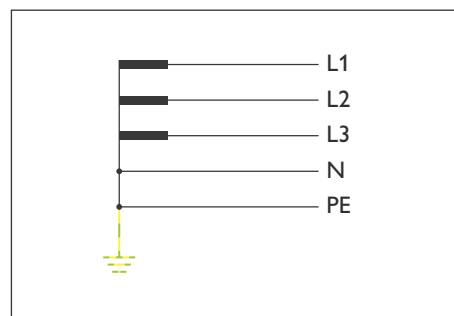
W tym układzie sieci uziemiony punkt transformatora jest prowadzony do instalacji tylko jako przewód neutralny. Elementy instalacji elektrycznej są połączone z lokalną instalacją uziemiającą, oddzielną od uziemionego punktu transformatora. Przewód neutralny i lokalny przewód ochronny są prowadzone oddzielnym przewodem. Zasilanie trójfazowe składa się zatem z pięciu przewodów: L1, L2, L3, N i lokalnego PE (ilustr. 46).

Sieć IT

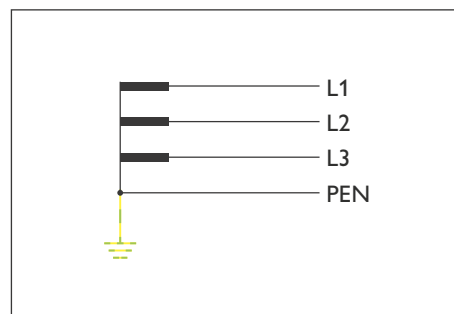
W tym układzie sieci punkt gwiazdowy zasilającego transformatora nie jest

uziemiony lub jest uziemiony jedynie poprzez wysoką impedancję. Elementy instalacji elektrycznej są połączone z lokalną instalacją uziemiającą. Jeśli przewód neutralny jest prowadzony od punktu gwiazdowego zasilającego transformatora, to prowadzi się go osobno od lokalnego przewodu ochronnego. Zasilanie trójfazowe składa się z czterech lub pięciu przewodów: L1, L2, L3, ewentualnie N i lokalnego PE (ilustr. 47).

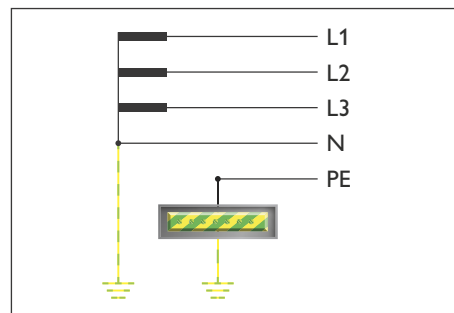
Cechą charakterystyczną układu IT jest możliwość wystąpienia ograniczonego czasowo błędu izolacji do ziemi. Doziemienie jednej fazy musi być wykrywane i sygnalizowane jedynie przez kontrolę izolacji, aby można je było szybko usunąć. Dopiero drugie doziemienie powoduje zwarcie między dwoma fazami i zadziałanie odpowiedniego zabezpieczenia nadmiarowo-prądowego. Ograniczniki przepięć do użytku w sieci o układzie IT muszą być w stanie wytrzymać napięcie międzyfazowe sieci powiększone o wartość tolerancji. Jest to zagwarantowane poprzez określony w normie wymóg, zgodnie z którym między fazą a PE w sieciach IT wolno montować wyłącznie takie urządzenia SPD, których najwyższe napięcie pracy odpowiada przynajmniej napięciu międzyfazowemu powiększonemu o wartość tolerancji.



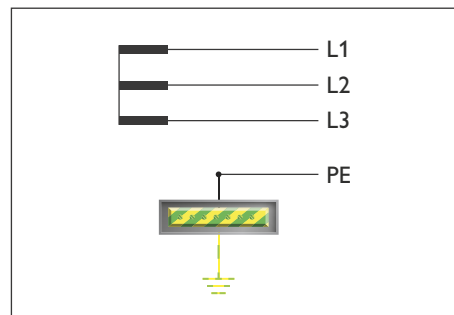
Ilustr. 44: Układ sieci TN-S



Ilustr. 45: Układ sieci TN-C



Ilustr. 46: Układ sieci TT



Ilustr. 47: Układ sieci IT

6.1.7 Amerykańskie układy sieci

W krajach Ameryki Północnej i Południowej stosuje się inne układy sieci. Najważniejsze z nich to:

- Układ sieci Wye
- Układ sieci Delta
- Układ sieci Split Phase

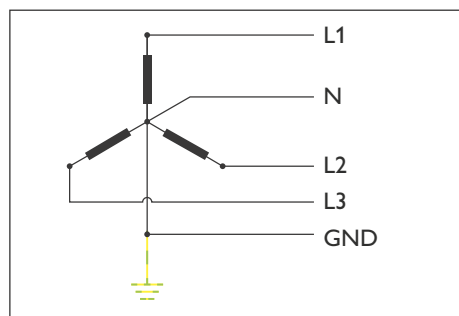
Układ sieci Wye

Te sieci najczęściej odpowiadają układowi TN. Punkt gwiazdowy transformatora jest uziemiony bezpośrednio i stamtąd przewód ochrony (grounding conductor, GND) jest prowadzony do instalacji odbiorczej. Istnieją również izolowane sieci Wye, lecz są one stosunkowo rzadkie. Możliwy przewód neutralny jest wyprowadzany z reguły dopiero w instalacji odbiorczej. Odpowiada to układowi TN-C-S. Zasilanie trójfazowe składa się z czterech lub pięciu przewodów: L1, L2, L3, ewentualnie N i GND (ilustr. 48).

Układ sieci Delta

W tym układzie sieci uziemienie jest wykonane poprzez jedną z faz (corner-grounded) lub odczep środkowy między fazami (high-leg). GND jest poprowadzony od danego punktu uziemienia do instalacji odbiorczej. Istnieją również izolowane układy sieci Delta, lecz są one stosunkowo rzadkie.

Jeśli jest potrzebny przewód neutralny, jest on wyprowadzany najczęściej również dopiero w instalacji odbiorczej. Zasilanie trójfazowe składa się z czterech lub pięciu przewodów: L1, L2, L3, ewentualnie N i GND (ilustr. 49).



Ilustr. 48: Układ sieci Wye

Układ sieci Split Phase

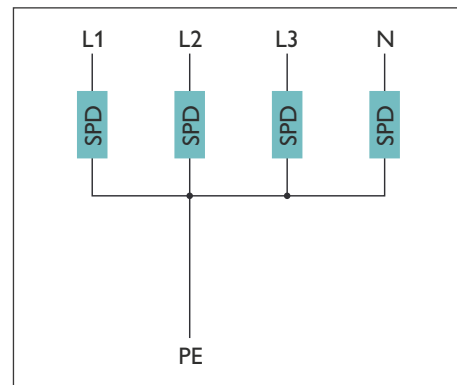
W tym popularnym dwufazowym układzie sieci uziemienie jest wykonane poprzez odczep środkowy na uzwojeniu transformatora i stamtąd jest prowadzony przewód neutralny. Zasilanie dwufazowe składa się z czterech przewodów: L1, L2, N i GND (ilustr. 50).

6.1.8 Schematy podłączenia

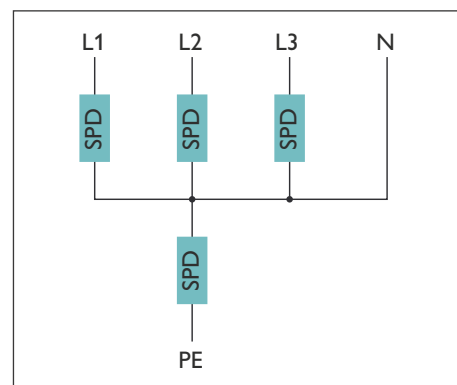
Ograniczniki przepięć stanowią część połączenia wyrównawczego obiektu budowlanego. W przypadku przepięcia łączą one aktywne przewody instalacji elektrycznych z uziemieniem.

W zależności od układu sieci instalacji odbiorczej stosuje się różne urządzenia SPD. Aby uzyskać stosowne połączenie, tworzy się z nich kombinacje o różnych schematach podłączenia (connection type, CT). W normie dotyczącej instalacji elektrycznych do ochrony przed przepięciami PN-HD/IEC 60364-5-53 [11] są określone przede wszystkim następujące schematy:

- Schemat podłączenia CT1: połączenie SPD z torem ochronnym od każdego aktywnego przewodu (faza lub przewód neutralny, o ile występuje) a przewodem PE. Ten schemat jest nazywany często również układem $x+0$, gdzie x oznacza liczbę aktywnych przewodów (ilustr. 51).
- Schemat podłączenia CT2: połączenie SPD od każdego przewodu fazowego do przewodu neutralnego oraz od przewodu neutralnego do przewodu PE. Ten schemat jest nazywany czę-



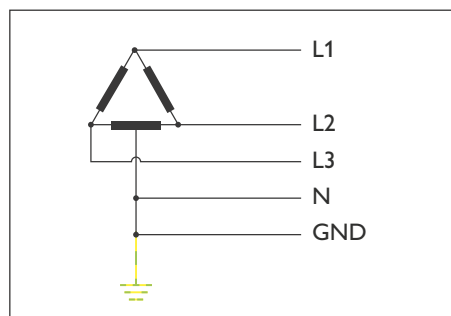
Ilustr. 51: Schemat podłączenia CT1/układ 4+0



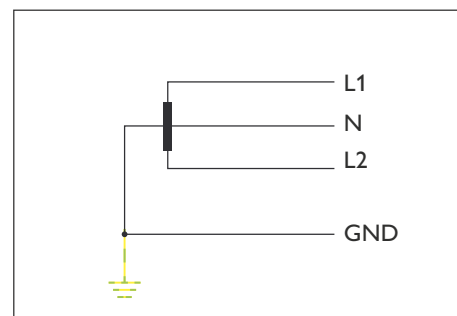
Ilustr. 52: Schemat podłączenia CT2/układ 3+1

sto również układem $x+1$, gdzie x oznacza liczbę przewodów fazowych (ilustr. 52).

Możliwości zastosowania schematów podłączenia w poszczególnych układach sieci przedstawiono w tabeli 4. W przypadku zastosowania urządzeń SPD między przewodem neutralnym a ochron-



Ilustr. 49: Układ sieci Delta (high-leg)



Ilustr. 50: Układ sieci Split Phase

nym w systemach IT należy pamiętać, że odporność na zwarcia i ewentualnie zdolność gaszenia SPD musi być zgodna co najmniej z oczekiwanym prądem zwarciovym w miejscu montażu w przypadku podwójnego doziemienia.

Schemat podłączenia CT2

Phoenix Contact oferuje do sieci TN i TT głównie urządzenia SPD o schemacie podłączenia CT2.

Zalety tego schematu podłączenia:

- Uniwersalność umożliwiającą stosowanie na całym świecie
- Niższy poziom ochrony między przewodem fazowym i neutralnym
- Brak prądów upływowych do przewodu ochronnego dzięki zastosowaniu iskierników między przewodem neutralnym i ochronnym

6.1.9 Podłączenie i zabezpieczenie nadmiarowo-prądowe ograniczników przepięć

W przypadku wystąpienia przepięć przejściowych na przewodach elektrycznych może wystąpić indukcyjny spadek napięcia. Szczególnie przy podłączaniu układu ochrony przed przepięciami ten dodatkowy spadek napięcia na przewodach przyłączeniowych może pogorszyć skuteczność ochrony. Dlatego przewody przyłączeniowe urządzeń SPD powinny być zawsze jak najkrótsze i układane tak, aby uniknąć małych promieni zagięcia.

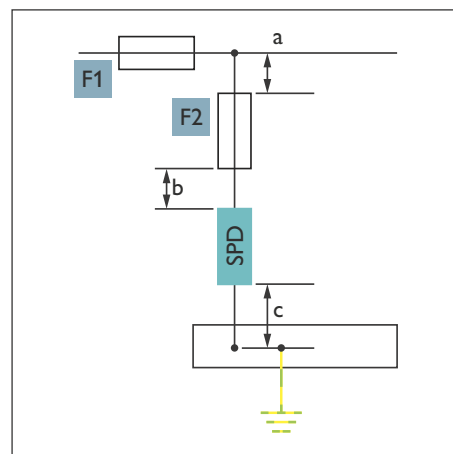
SPD można podłączać na dwa różne sposoby:

- Oprzewodowanie odgałęźne (stub wiring), patrz ilustr. 53
- Oprzewodowanie V (V-shaped wiring, Kelvin connection), patrz ilustr. 54

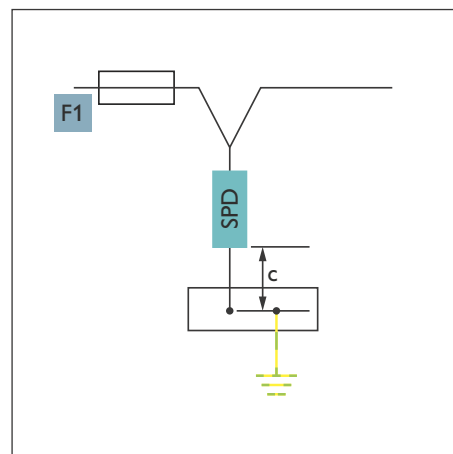
W obu przypadkach w miarę możliwości suma długości przewodów a, b i c nie może przekraczać 0,5 m na podstawie normy PN-HD / IEC 60364 część 5, rozdział 53, punkt główny 534 [11]. W przypadku oprzewodowania V można to osiągnąć bardzo łatwo, ponieważ tutaj jest istotna tylko długość c. Dzięki temu można również zminimalizować łączny poziom ochrony, na który składa się poziom ochrony urządzenia SPD oraz spadek napięcia wzdłuż przewodów przyłączeniowych.

W przypadku oprzewodowania odgałęźnego SPD w zależności od wartości znamionowej zabezpieczenia nadmiarowo-prądowego F1 może lub musi być zabezpieczone drugim dodatkowym zabezpieczeniem nadmiarowo-prądowym F2 o niższej wartości prądu znamionowego. Takie oprzewodowanie umożliwia stosowanie w instalacjach o dowolnie wysokich prądach znamionowych, dopóki spodziewany prąd zwarciovym w miejscu montażu SPD nie przekracza jego odporności na zwarcia, a to zapewnia F2.

Natomiast oprzewodowanie V można stosować wyłącznie do wartości znamionowej poprzedzającego zabezpieczenia nadprądowego F1 lub prądu znamionowego, który nie przekracza obciążalności prądowej przewodów przyłączeniowych oraz zacisków przyłączeniowych SPD.



Ilustr. 53: Oprzewodowanie odgałęźne



Ilustr. 54: Oprzewodowanie V

Układ sieci w miejscu montażu SPD	Schemat podłączenia	
	CT1	CT2
Sieć TN	✓	✓
Sieć TT	Tylko za urządzeniem zabezpieczającym przed prądem uszkodzeniowym	✓
Sieć IT z poprowadzonym przewodem neutralnym	✓	✓
Sieć IT bez poprowadzonego przewodu neutralnego	✓	Niestosowane

Tabela 4: Schematy podłączenia i układy sieci

Jako część instalacji elektrycznej podłączenia i zabezpieczenia nadmiarowo-prądowego ograniczników przepięć musi spełniać odpowiednie wymogi prawne i normatywne. Elementy powinny przede wszystkim zapewniać bezpieczeństwo eksploatacji systemu. Ponadto do prawidłowej pracy ochrony przed przepięciami muszą być spełnione dodatkowe warunki podłączenia i zabezpieczenia.

Wymagania zostały określone w różnych częściach normy PN-HD/IEC 60364 dotyczącej instalacji elektrycznych niskiego napięcia: w części 5, rozdział 53, punkt 534 [11] na temat doboru i wykonania urządzeń zabezpieczających oraz w części 4, rozdział 43 [12] na temat środków ochrony przed przeciążeniem prądowym, jak również w normie dotyczącej urządzeń zabezpieczających PN-HD/IEC 61643-11 [6].

Przekroje przyłączeniowe

Z połączenia tych wymagań wynikają następujące warunki doboru przekroju przewodów przyłączeniowych urządzeń SPD (w odniesieniu do przewodów miedzianych w izolacji PCW):

- Minimalne przekroje przewodów przyłączeniowych urządzeń SPD wynikają z wymogów dotyczących instalacji ograniczników przepięć w zależności od podłączenia aktywnych przewodów lub głównej szyny uziemiającej/przewodu ochronnego (PE(N)) oraz typu SPD:
 - Przekrój przyłączeniowy przewodów aktywnych do SPD typu 1: min. 6 mm²
 - Przekrój przyłączeniowy przewodów aktywnych do SPD typu 2: min. 2,5 mm²

- Przekrój przyłączeniowy do głównej szyny uziemiającej lub przewodu ochronnego do SPD typu 1: min. 16 mm²
- Przekrój przyłączeniowy do głównej szyny uziemiającej lub przewodu ochronnego do SPD typu 2: min. 6 mm²
- Od określonej wartości znamionowej zabezpieczenia nadmiarowo-prądowego przekroje minimalne określają wymagania dotyczące odporności na zwarcia przewodów przyłączeniowych
- Jeśli przewody przyłączeniowe urządzeń SPD przewodzą prąd roboczy, to od określonej wartości prądu przekrój minimalny może wyznaczać obciążalność prądowa przewodów

Zabezpieczenie nadprądowe

Do wykonania zabezpieczenia nadmiarowo-prądowego urządzenia SPD najpierw należy określić priorytety:

- Priorytet zasilania:
 - oprzewodowanie odgałęźne z osobnym zabezpieczeniem nadmiarowo-prądowym F2 w odgałęzieniu
- Priorytet ochrony przed przepięciami:
 - oprzewodowanie V lub odgałęźne bez osobnego zabezpieczenia nadmiarowo-prądowego F2

W pierwszym przypadku osobne zabezpieczenie nadmiarowo-prądowe F2 stanowi gwarancję, że awaria urządzenia SPD, np. zwarcie, spowoduje jego zadziałanie. Dzięki temu poprzedzające zabezpieczenie nadprądowe F1 nie przerywa zasilania chronionych odbiorników. W takim przypadku odbiorniki nie są już chronione przed kolejnymi przepięciami.

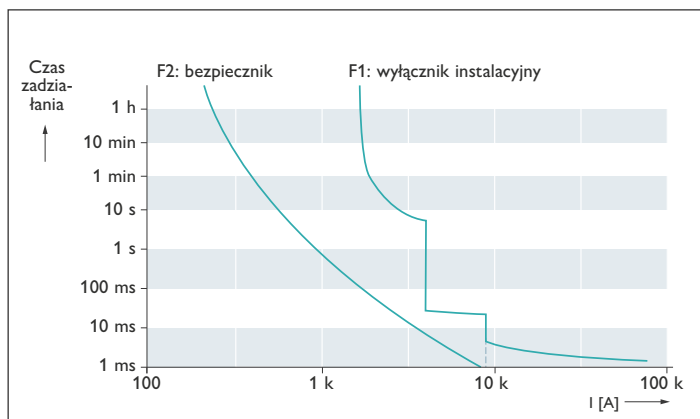
W drugim przypadku zabezpieczenie nadmiarowo-prądowe F1 przejmuje na siebie zadanie ochrony nadmiarowo-prądowej w razie awarii SPD. Akceptuje się tutaj możliwość braku zasilania, wykluczając za to ryzyko uszkodzenia na skutek kolejnych przepięć.

Przy doborze zabezpieczenia nadmiarowo-prądowego należy zwrócić uwagę na różne kwestie:

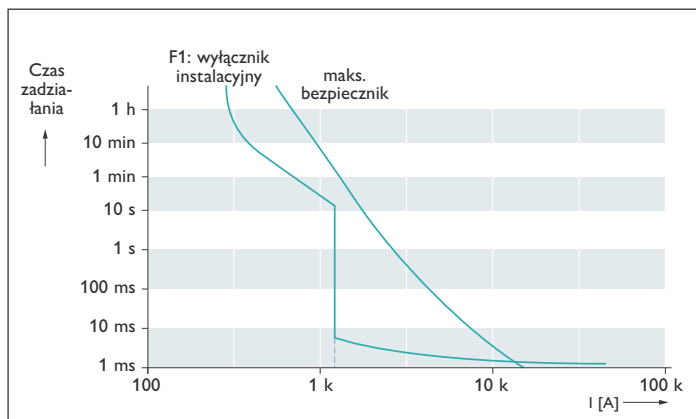
- Selektywność zabezpieczenia nadmiarowo-prądowego w stosunku do wcześniejszych zabezpieczeń nadmiarowo-prądowych.
- Ostatnie zabezpieczenie nadmiarowo-prądowe przed ogranicznikiem nie może przekraczać maksymalnego prądu znamionowego zabezpieczenia dopuszczalnego dla tego SPD, wartość podana przez producenta.
- Poprzedzające zabezpieczenie nadprądowe powinno być odporne w miarę możliwości na amplitudy prądu piorunowego i udarowego wynikające z klasy ochrony odgromowej. Biorąc pod uwagę zwłaszcza wysokoenergetyczne prądy piorunowe, zbyt słabe bezpieczniki mogą stanowić zagrożenie, ponieważ mogą zostać zniszczone przez wysoką energię płynącą w bardzo krótkim czasie.

Największy priorytet ma tutaj zachowanie selektywności. W prostym przypadku, kiedy oba rozpatrywane zabezpieczenia nadmiarowo-prądowe są bezpiecznikami gG, do wartości znamionowej 1250 A to $F2 \times 1,6 \leq F1$. Jeśli jedno lub oba zabezpieczenia nadmiarowo-prądowe są wyłącznikami nadprądowym lub wyłącznikami, ich charakterystyki wyłączenia trzeba porównać ze sobą lub z charakterystyką bezpiecznika i w razie potrzeby dostosować do siebie. Dzieje się tak, jeżeli krzywe się nie dotykają lub nakładają (rys. 55 i 56). Ponadto w zakresach prądów zwarciovych muszą one mieć wystarczający odstęp czasowy, aby późniejsze z obu zabezpieczeń nadmiarowo-prądowych zadziałało i spowodowało wyłączenie.

Podobnie sytuacja wygląda w przypadku, gdy wyłącznik nadmiarowo-prądowy lub wyłącznik instalacyjny jako F1 ma stanowić ochronę nadmiarowo-prądową dla SPD bez osobnego zabezpieczenia nadmiarowo-prądowego F2. W takiej sytuacji charakterystyka wyłączenia wyłącznika musi zostać porównana odpowiednio



Ilustr. 55: Charakterystyka wyłączenia wyłącznika (F1) i selektywnego bezpiecznika gG (F2)



Ilustr. 56: Charakterystyka wyłączenia wyłącznika (F1), który może być stosowany jako poprzedzające zabezpieczenie nadprądowe urządzenia dla SPD z maksymalnym bezpiecznikiem 315 A gG

z charakterystyką maksymalnego zabezpieczenia nadmiarowo-prądowego określonego przez producenta dla tego urządzenia SPD i nie może przekraczać jej w zakresie prądów zwarciovych.

Tutaj często nie można wysnuć ogólnych wniosków lub ewentualnie tylko dla stosunkowo niskich prądów znamionowych przełączników w porównaniu z prądami znamionowymi maksymalnych bezpieczników o charakterystyce gG, przystosowanych specjalnie do SPD. Jeżeli podano ustalono na przykład maksymalny bezpiecznik 315 A gG, to jako bezpiecznik dla SPD może służyć ogólnie w porównaniu tylko wyłącznik nadprądowy 125 A o charakterystyce C. Przełączniki o wyższym prądzie znamionowym lub o innej charakterystyce należy analizować oddzielnie w poszczególnych przypadkach i w razie potrzeby sprawdzać (ilustr. 56). Bywa, że wyłączniki nie są akceptowane.

SPD ze zintegrowanym zabezpieczeniem nadmiarowo-prądowym

Szczególnie prostym rozwiązaniem do instalacji SPD w zakresie zabezpieczenia nadprądowego są produkty zawierające już odpowiednie bezpieczniki, np. FLASHTRAB SEC HYBRID.



Ilustr. 57: FLT-SEC-H-T1-1C-264/25-FM

FLASHTRAB SEC HYBRID

Dzięki wbudowanemu bezpiecznikowi nie są potrzebne bezpieczniki zewnętrzne, co oszczędza miejsce i znacznie obniża koszty. Zwiększa się za to skuteczność ochrony, bowiem różnica napięcia występująca nad bezpiecznikiem jest już zawarta w poziomie ochrony SPD. Wymagane do SPD krótkie przewody przyłączeniowe można łatwo wykonać (ilustr. 57).

6.1.10 Technologia Safe Energy Control (SEC)

Phoenix Contact oferuje szeroki wybór dostosowanych do siebie idealnie SPD, za pomocą których można w prosty sposób realizować wielostopniowe koncepcje ochrony. Ograniczniki przepięć z technologią Safe Energy Control (SEC) łączą w sobie maksymalną skuteczność z wysoką trwałością, co zapewnia stałą pewną ochronę wyposażenia elektrycznego oraz zredukowanie kosztów przeglądów. Instalacja urządzeń SPD w technologii SEC jest prosta, niedroga i nie zajmuje wiele miejsca. Poszczególne typy SPD można znaleźć w rodzinach produktów wg tabeli 5.

Eliminacja sprzężeń zwrotnych i długa żywotność

Kompleksowa koncepcja ochrony przed przepięciami wymaga skutecznego odgromnika/urządzenia zabezpieczającego kombinowanego typu (1/2). Zwyczajne iskierniki typu 1 obciążają instalację wysokimi prądami następczymi, które mogą powodować również zadziałanie zabezpieczenia nadmiarowo-

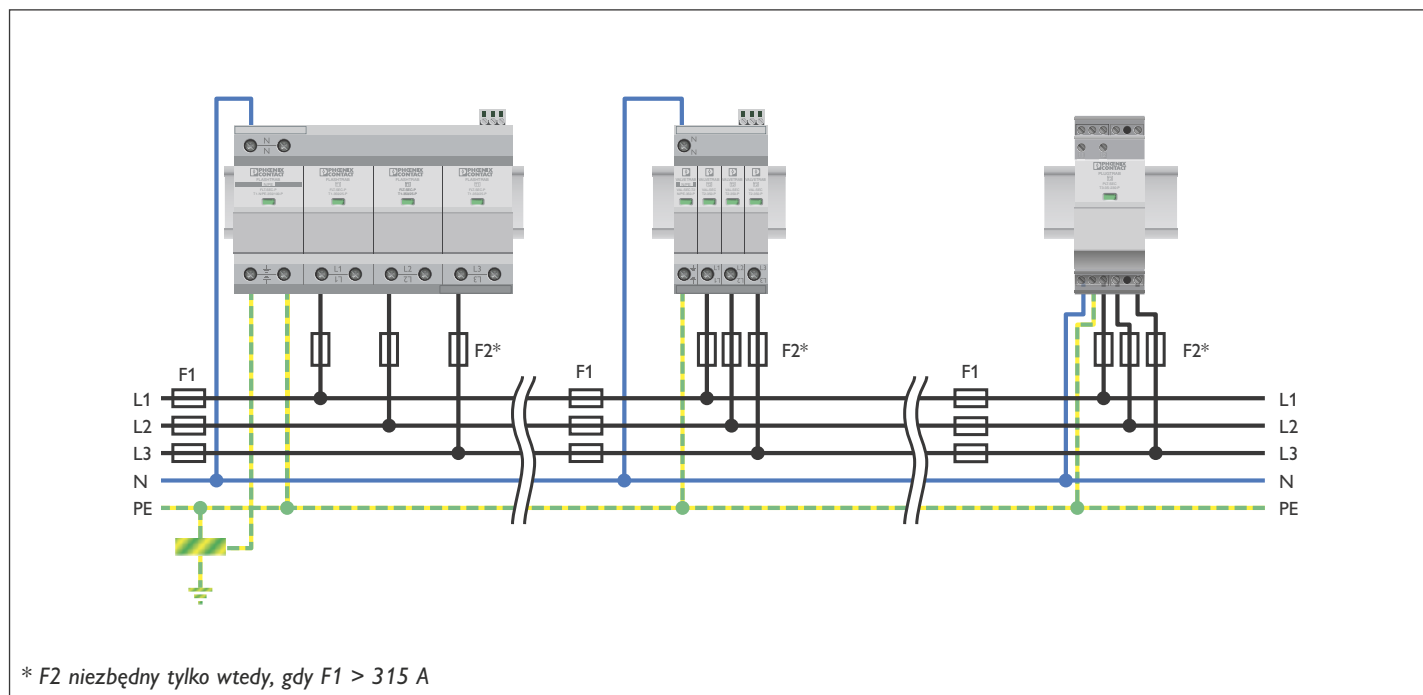
Typ SPD	Rodzina produktów
Typ 1	FLASHTRAB SEC (FLT-SEC)
Typ 2	VALVETRAB SEC (VAL-SEC)
Typ 3	PLUGTRAB SEC (PLT-SEC)

Tabela 5: Rodziny produktów z technologią Safe Energy Control

prądowego. Odgromniki/kombinacje ograniczników wykonane w technologii SEC to pierwsze rozwiązanie z technologią iskierników bez prądu następczego. Brak prądów następczych zapewnia ochronę całej instalacji. Oznacza to znikome obciążenie na skutek odprowadzania energii zarówno chronionego wyposażenia, jak również całego układu zasilania wraz z ogranicznikiem. Brak zadziałania wcześniejszych bezpieczników zapewnia maksymalną dyspozycyjność systemu.

Rozwiązanie bez bezpieczników do każdej aplikacji

Skuteczne odgromniki/kombinacje ograniczników wyposażone w technologię Safe Energy Control to rozwiązanie dla wszystkich powszechnych zastosowań, niewymagające używania osobnego bezpiecznika zabezpieczającego ogranicznik. Do aplikacji, w których największe znaczenie ma ochrona instalacji, przy bezpieczniku głównym o wartości do 315 A gG można stosować urządzenia SPD typu 1 i 2 bez osobnej ochrony nadmiarowo-prądowej. Do zastosowań o wyższych wartościach dostępne są produkty ze zintegrowanym bezpiecznikiem odpornym na prądy wyładowcze, np. FLASHTRAB SEC HYBRID. Urządzenia SPD typu 3 z rodziny PLUGTRAB SEC można używać w odgałęzieniach bez zabezpieczenia, również dzięki zintegrowanym bezpiecznikom odpornym na prądy udarowe.



Ilustr. 58: Przykład połączenia urządzeń zabezpieczających w sieci TN-S

Zajętość miejsca i montaż wtykowy

FLASHTRAB SEC PLUS 440 z rodziny SEC to najbardziej kompaktowy iskiernik typu 1 o tym napięciu znamionowym, z kolei VALVETRAB SEC to największe urządzenie SPD typu 2. FLASHTRAB SEC T1+T2 to jedyna skoordynowana bezpośrednio kombinacja iskiernika typu 1 i ogranicznika warystorowego typu 2 zajmująca minimalną ilość miejsca. Wszystkie produkty serii SEC montuje się wtykowo, co oznacza znaczne ułatwienie podczas pomiarów i kontroli.

6.1.11 Wielostopniowe koncepcje ochrony

Urządzenia SPD z serii SEC można łączyć ze sobą, tworząc w prosty sposób wielostopniowe koncepcje ochrony dla popularnych instalacji. Ich parametry, takie jak napięcie pracy, poziomu ochrony i zdolność wyładowcza, są do siebie optymalnie dostosowane.

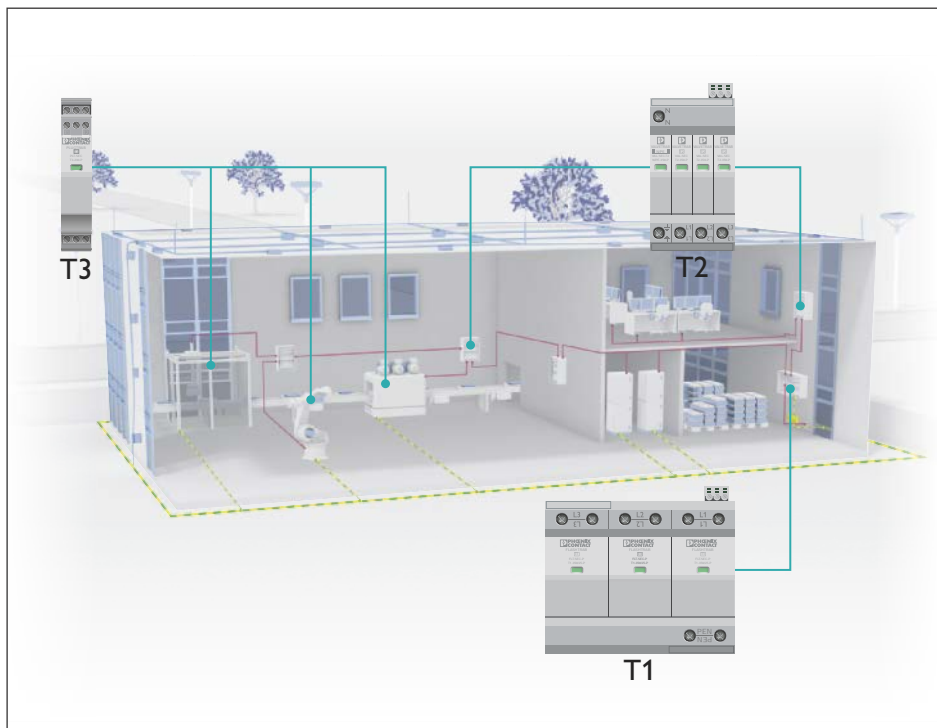
Przemysłowy obiekt produkcyjny z zewnętrzną instalacją odgromową

Na wejściu przewodów zasilających do budynku w pobliżu zasilania głównego niskiego napięcia granica stref ochronnych $0_A \rightarrow 1$ jest zabezpieczone przez SPD typu 1 z rodziny produktów FLASHTRAB SEC. W zależności od układu sieci, wybranego schematu przyłączenia oraz poziomu napięcia zasilania dostępne są różne typy i warianty układów SPD. Jeśli jest to np. sieć trójfazowa 230/400 V AC w układzie TN-C, można zastosować FLT-SEC-P-T1-3C-350/25-FM (ilustr. 60).

Alternatywnie można tu zastosować również kombinację FLASHTRAB SEC T1+T2 (ilustr. 61). Ta skoordynowana bezpośrednio kombinacja SPD typu 1 na bazie iskiernika oraz SPD typu 2 na bazie warystora oferuje szereg zalet przy zastosowaniu bezpośrednio w rozdzielni głównej.

W dalszych podrozdzielniach hali produkcyjnej i pomieszczeń biurowych obiektu granica stref ochrony $1 \rightarrow 2$ chroniona przy użyciu urządzenia SPD typu 2 z rodziny produktów VALVETRAB SEC.

Zasilanie jako sieć TN-C, jak przyjęto w tym przykładzie, jest przekształcane już w rozdzielni głównej na sieć TN-S. Reszta instalacji jest więc wykonana z przewodem neutralnym i ochronnym ułożonymi osobno. Jako SPD typu 2 można zastosować VAL-SEC-T2-3S-350-FM (ilustr. 62). W szafach sterowniczych maszyn i w biurze bezpośrednio przed wrażliwymi odbiornikami granica stref ochrony $2 \rightarrow 3$ chroniona przy użyciu urządzenia SPD typu 3 z rodziny produktów PLUGTRAB SEC. Do ochrony odbiornika zasilanego napięciem znamionowym 230 V można zastosować PLT-SEC-T3-230-FM (ilustr. 63).



Ilustr. 59: Wielostopniowa koncepcja ochrony na przykładzie przemysłowego zakładu produkcyjnego

FLASHTRAB SEC

Wszystkie urządzenia SPD typu 1 z rodziny FLASHTRAB SEC są wykonane na bazie iskierników bez prądu następczego. Gwarantuje to maksymalną dyspozycyjność systemu, bowiem podczas odprowadza-

nia prądu nie następuje zadziałanie zabezpieczeń nadmiarowo-prądowych, a ponadto charakteryzują się one długim okresem eksploatacji.



Ilustr. 60: FLT-SEC-P-T1-3C-350/25-FM

FLASHTRAB SEC T1+T2

Jedyna w swoim rodzaju na rynku kombinacja FLASHTRAB SEC T1+T2 chroni optymalnie czułe wyposażenie. Charakteryzują ją:

- Iskiernik SEC o wysokiej sprawności do odprowadzania bezpośrednich prądów piorunowych

- Urządzenie SPD na bazie warystora do ograniczania przepięć dynamicznych
- Idealny rozkład energii między urządzeniem SPD typu 1 i typu 2



Ilustr. 61: FLT-SEC-T1+T2-3C-350/25-FM

VALVETRAB SEC

VALVETRAB SEC T2 wyróżnia się bardzo wąską konstrukcją (jego szerokość wynosi zaledwie 12 mm na biegun), lecz przede wszystkim wewnętrznym odłącznikiem termicznym o wysokiej sprawności. Dzięki temu to urządzenie SPD można sto-

sować bez dodatkowego bezpiecznika do 315 A gG. SPD można również używać w sieciach przy spodziewanych prądach zwarciovych w miejscu montażu do 50 kA.



Ilustr. 62: VAL-SEC-T2-3S-350-FM

PLUGTRAB SEC

Urządzenie PLUGTRAB SEC T3 jest wyposażone w bezpieczniki odporne na prąd udarowy. Dlatego może służyć do ochrony odbiorników zasilanych zarówno prądem przemiennym, jak i prądem stałym. Zintegrowane zabezpieczenie nadmiarowo-prądowe

umożliwia podłączenie w oprzewodowaniu odgałęzonym bez osobnego bezpiecznika – niezależnie od prądu znamionowego i zabezpieczenia obwodu.



Ilustr. 63: PLT-SEC-T3-230-FM

6.2 Ochrona sieci napięcia stałego o liniowych źródłach napięcia

Charakterystyka pracy instalacji sieci prądu stałego może się od siebie znacznie różnić ze względu na duże różnice w ich charakterystyce źródła. Nie można zatem wybrać urządzeń zabezpieczających bez dokładnej znajomości właściwości danej instalacji. Dotyczy to zwłaszcza instalacji o ograniczonych lub niskich prądach zwarciovych.

Systemy zasilania o stałym napięciu o liniowej charakterystyce źródła stosuje się głównie do następujących urządzeń:

- Odbiorniki o niskim napięciu zasilania prądem stałym, np. sterowniki PLC lub urządzenia telekomunikacyjne
- Odbiorniki mobilne, np. wózki widłowe i instalacje pokładowe
- Akumulatory systemów UPS
- Centra obliczeniowe
- Pojazdy szynowe

Typowymi źródłami prądu instalacji zasilających o stałym napięciu o liniowej charakterystyce źródła są:

- Prostowniki sterowane i niesterowane z lub bez wygładzania
- Zasilacze regulowane
- Zasilacze
- Zestawy baterii

Dobór urządzeń zabezpieczających

Dobór urządzeń SPD do instalacji prądu stałego jest z reguły znacznie bardziej złożony niż w przypadku instalacji o napięciu przemiennym.

W instalacjach prądu przemiennego istnieje często tylko jedno dokładnie zdefiniowane źródło prądu, a w instalacjach prądu stałego często kilka źródeł prądu o innej charakterystyce pracy. Dotyczy to zwłaszcza instalacji prądu stałego zasilanych z akumulatora.

W większości instalacji prądu przemiennego minimalny prąd zwarciovych wystarczy, aby w ciągu milisekund spowodować zadziałanie zabezpieczeń nadmiarowo-prądowych. Umożliwia to łatwy dobór bezpieczników, które w razie błędu niezawodnie chronią system, ale ze względu na ich wartości znamionowe wytrzymują również prądy udarowe. Jednak w instalacjach prądu stałego o ograniczonych lub niskich prądach zwarciovych bardzo ważna jest znajomość również minimalnego spodziewanego prądu zwarciovych w miejscu montażu urządzenia SPD, aby móc spełnić podstawowe wymogi bezpieczeństwa. Brak załączenia bezpieczników

z powodu prądów udarowych obciążenia należy traktować jako mniej istotne.

Ważnymi kryteriami doboru urządzeń SPD wraz z zabezpieczeniami nadmiarowo-prądowymi do instalacji prądu stałego są:

- Napięcie znamionowe stałonapięciowego źródła/źródeł prądu
- Liczba, rodzaj i charakterystyka pracy stałonapięciowego źródła/źródeł prądu
- Maksymalny i minimalny spodziewany prąd zwarciovych w miejscu montażu SPD



Ilustr. 64: VALVETRAB SEC DC

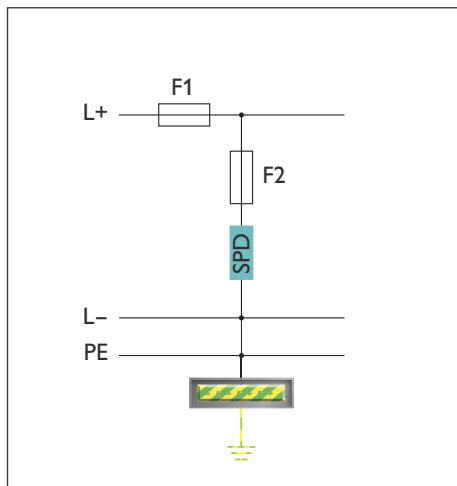
VALVETRAB SEC DC

Rodzina produktów VALVETRAB-SEC-DC (ilustr. 64) firmy Phoenix Contact to urządzenia SPD typu 2 do ochrony instalacji napięcia stałego, charakteryzujących się bardzo zwartą konstrukcją. Przy szerokości konstrukcyjnej tylko 12 mm na każdy biegun te urządzenia SPD mają bardzo skuteczne urządzenie rozłączające, które bezpiecznie rozłącza prąd stały do 200 A. Umożliwia to m.in. używanie urządzeń SPD bez zabezpieczenia w zastosowaniach. Ze względu na niski napięciowy poziom ochrony czułe podłączone dalej komponenty są optymalnie chronione.

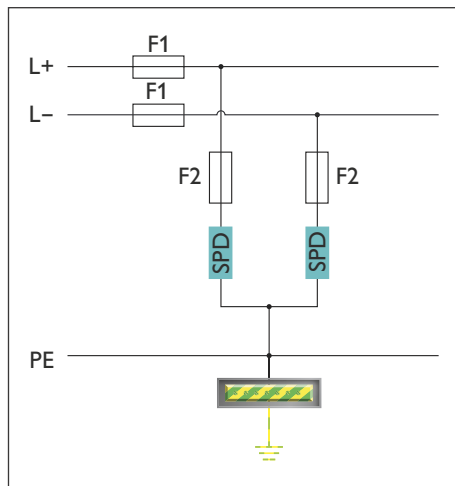
Układy ochronne do uziemionych i nieziemionych instalacji prądu stałego

Preferowane układy SPD w instalacjach prądu stałego zależą od schematu podłączenia CT1 (patrz ilustr. 51) i są to układy jedno- lub dwubiegunowe.

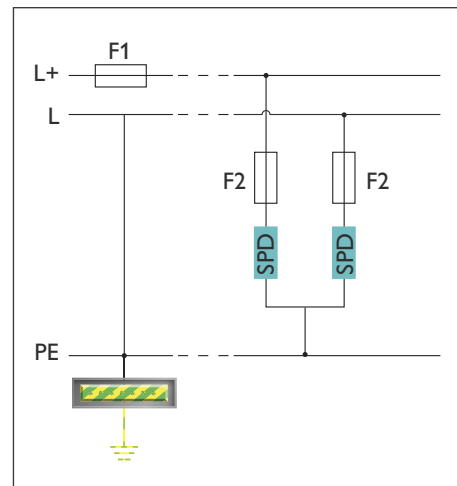
Układ 2+0 jest konieczny również do uziemionych sieci TN, jeśli miejsce instalacji urządzeń SPD znajduje się w większej odległości od punktu uziemienia sieci (ilustr. 67).



Ilustr. 65: Układ 1+0 do uziemionych sieci TN w punkcie uziemienia



Ilustr. 66: Układ 2+0 do uziemionych sieci IT



Ilustr. 67: Układ 2+0 do uziemionych sieci TN w większej odległości od punktu uziemienia



Ilustr. 68: Centrum obliczeniowe z instalacją zasilającą stałego napięcia z liniową charakterystyką źródła

6.3 Ochrona linii napięcia stałego w instalacjach fotowoltaicznych

Korzystanie z odnawialnych źródeł energii zyskuje w ostatnich latach coraz większe znaczenie. Oprócz elektrowni wiatrowych, elektrowni wodnych lub instalacji biomasy, fotowoltaiczne systemy wytwarzania prądu (instalacje PV) dostarczają znaczną ilość energii wytworzonej ze źródeł odnawialnych. Instalacje PV są wykonane np. jako instalacje na dachy domów jednorodzinnych i budynków przemysłowych oraz jako instalacje naziemne. Ze względu na odsłonięte położenie te instalacje są narażone na większe ryzyko uszkodzenia z powodu wyładowań atmosferycznych. Aby uniknąć tego rodzaju uszkodzeń i związanej z tym utraty dyspozycyjności systemu, podczas opracowywania koncepcji należy uwzględnić działania takie jak ochrona odgromowa i ochrona przed przepięciami. Normy i dyrektywy dostosowane specjalnie do układów zasilania PV umożliwiają przy tym łatwe planowanie ochrony odgromowej i przed przepięciami dla tych instalacji.

Wymagania dla urządzeń SPD do zastosowania w instalacjach PV

Charakterystyka źródeł PV stawia specjalne wymagania wobec urządzeń SPD w zakresie ochrony instalacji PV w przypadku prądu stałego. W porównaniu do konwencjonalnych niskonapięciowych układów zasilania, instalacje PV charakteryzują się w szczególności poniższymi właściwościami:

- Wysokie stałe napięcia systemowe do 1500 V
- Charakterystyka źródła odpowiadająca nieliniowemu źródłu prądu
- Prąd roboczy w optymalnym punkcie roboczym (MPP), który jest mniejszy od prądu zwarcowego instalacji tylko o kilka procent
- Zależność prądu zwarcowego od warunków otoczenia, np. naswietlania i temperatury

Tylko w odniesieniu do reakcji na awarie z powodu przeciążenia urządzeń i komponentów stosowanych z prądem stałym wynikają istotne konsekwencje: ze względu na nieokreślony prąd zwarcowy właściwa koordynacja urządzeń ochronnych nadprądowych lub bezpieczników względem urządzeń SPD w tych instalacjach jest często trudna. Ponadto nieliniowa charakterystyka źródła podczas przełączania stawia bardzo wysokie wymagania wobec wydajności urządzeń przełączających, bezpieczników oraz innych urządzeń rozłączających.

W związku z tym zdefiniowano specjalne wymagania dla urządzeń SPD do zastosowań w instalacjach PV oraz jak ich potwierdzenie techniką badania w opublikowanej po raz pierwszy w normie europejskiej EN 50539-11. W szczególności normy te dotyczące zachowania w razie przeciążenia i awarii urządzeń SPD do ochrony instalacji prądu stałego. Opisano tam w szczególności możliwości techniczne symulacji charakterystyki źródła instalacji PV w laboratorium.

W normie IEC 61643-31 (prEn) [8] te zagadnienia są omówione w ramach standardów międzynarodowych.

Normy te stanowią podstawę kwalifikacji urządzeń SPD do zastosowań z prądem stałym w instalacjach PV w odniesieniu do ich wydajności, a w szczególności ich bezpieczeństwa w razie błędu.

Dobór i instalacja SPD do ochrony instalacji PV

Skuteczna ochrona przed prądami piorunowymi i przepięciami jest ważna dla części prądu stałego i przemiennego w instalacjach PV. Aby to wykonać, oprócz ogólnych przepisów o wykonywaniu systemów fotowoltaicznych (PN-HD/IEC 60364-7-712) należy uwzględnić specjalne wytyczne dotyczące doboru i montażu urządzeń SPD do ochrony instalacji w zakresie prądu stałego. Są to CLC/TS 50539-12 lub dalej CLC/TS 61643-32 jako specyfikacja techniczna na poziomie europejskim oraz IEC 61643-32 (prPN) [18] jako międzynarodowy odpowiednik.

6.3.1 Instalacje fotowoltaiczne na budynkach

Przy planowaniu i instalowaniu urządzeń SPD do ochrony instalacji fotowoltaicznych należy zasadniczo rozróżniać instalacje budowlane (budynek) oraz instalacje naziemne.

W instalacjach budowlanych instalacja PV jest częścią struktury budynku, połączoną z instalacją elektryczną. Dla prawidłowego zaplanowania i zainstalowania SPD w tych instalacjach istotne są poniższe aspekty:

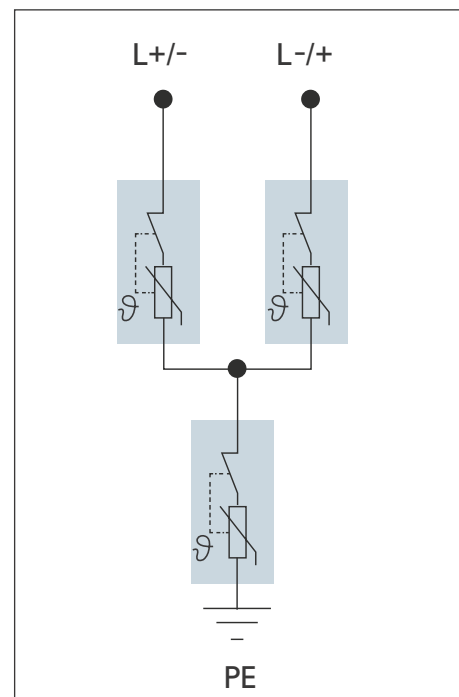
- Parametry układu zasilania, np. kształt sieci, napięcie znamionowe i prąd zwarciovowy
- Klasa ochrony odgromowej do uzyskania (LPL)
- Występowanie zewnętrznego systemu ochrony odgromowej oraz

liczba odprowadzeń zewnętrznego układu ochrony odgromowej

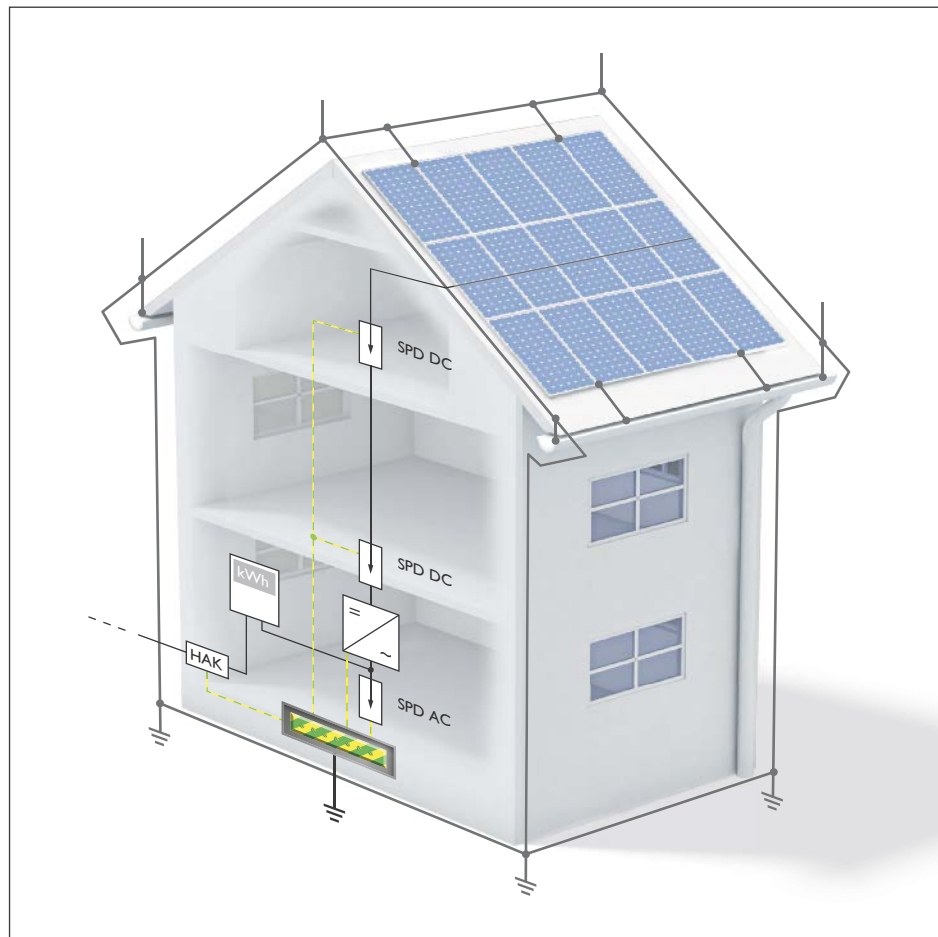
- Zachowanie odstępu separacyjnego
- Miejsce montażu falownika
- Długości przewodów między zabezpieczanymi urządzeniami

Na podstawie profilu właściwości zabezpieczonej instalacji PV, który jest scharakteryzowany przez wymienione wyżej aspekty, w normie IEC 61643-32 [18] zawarto zalecenia dotyczące miejsc montażu urządzeń SPD oraz wymagania ich skuteczności.

Rozróżnia się przy tym instalację na budynku z zewnętrznym układem ochrony odgromowej i bez. W przypadku instalacji budowlanych bez zewnętrznego układu ochrony odgromowej do ochrony instalacji PV wystarczy z reguły urządzenie SPD typu 2 o zdolności wyładowczej co najmniej



Ilustr. 70: Trzy wariastory w układzie Y z odłącznikami termicznymi



Ilustr. 69: Instalacja dachowa na domu jednorodzinnym

Zalety układu Y

Wszystkie urządzenia zabezpieczające Phoenix Contact do ochrony w zakresie prądu stałego instalacji PV są oparte na tzw. układzie Y. W układzie odpornym na błędy między wszystkimi potencjałami są połączone szeregowo zawsze dwa wariastory z odpowiednio skoordynowanymi urządzeniami rozłączającymi. Dzięki temu zapewnia się, że nawet w skrajnym przypadku zwarcia jednego z wariastorów przepływ prądu będzie bezpiecznie kontynuowany przez drugi wariastor. Uzyskuje się w ten sposób najwyższy poziom bezpieczeństwa.

5 kA (8/20 μ s) w każdej ścieżce ochrony.

Dotyczy to ochrony instalacji w zakresie prądu stałego i przemiennego, jeżeli przepisy krajowe nie określają większych wymogów, jak np. wymóg urządzenia SPD typu 1 do ochrony instalacji w zakresie prądu przemiennego.

W budynkach z instalacjami PV i zewnętrznym układem ochrony odgromowej, w których zachowany jest wymagany odstęp izolacyjny do wszystkich przewodzących części budynku oraz instalacji elektrycznej, do ochrony instalacji

w zakresie prądu przemiennego wymagane jest urządzenie SPD typu 1. Do ochrony instalacji w zakresie prądu stałego również w tym przypadku wystarczy urządzenie SPD typu 2 o zdolności wyładowczej co najmniej 5 kA (8/20 μ s) na każdej ścieżce ochrony.

Jeżeli wymagany odstęp izolacyjny nie zostanie jednak zachowany, do ochrony instalacji w zakresie prądu stałego wymagane jest urządzenie SPD typu 1. W normie IEC 61643-32 [18] określono wymaganą do tego zdolność wyładowczą dla stosowanych urządzeń SPD w zależ-

ności od klasy ochrony odgromowej oraz stosowanej technologii SPD.

Rozróżnianie według stosowanej technologii SPD jest oparte na fakcie, że urządzenie SPD samo oddziałuje na rozpraszanie prądów piorunowych w instalacji i w związku z tym, w zależności od technologii, musi odprowadzać prąd udarowe o różnym natężeniu. W normie IEC 61643-32 [18] rozróżnia się urządzenia SPD ograniczające napięcie na bazie warystorów oraz urządzenia SPD ucinające napięcie na bazie iskierników lub iskierników gazowanych

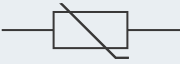
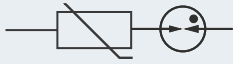
Urządzenia SPD ograniczające napięcie		  MOV MOV + GDT szeregowo							
Klasa ochrony odgromowej LPL	Maksymalny udarowy prąd piorunowy (10/350 μ s)	Liczba zewnętrznych przewodów odprowadzających							
		<4				≥ 4			
		na tor ochronny		I_{total}		na tor ochronny		I_{total}	
		$I_{8/20}$	$I_{10/350}$	$I_{8/20}$	$I_{10/350}$	$I_{8/20}$	$I_{10/350}$	$I_{8/20}$	$I_{10/350}$
I lub nieznane	200 kA	17 kA	10 kA	34 kA	20 kA	10 kA	5 kA	20 kA	10 kA
II	150 kA	12,5 kA	7,5 kA	25 kA	15 kA	7,5 kA	3,75 kA	15 kA	7,5 kA
III lub IV	100 kA	8,5 kA	5 kA	17 kA	10 kA	5 kA	2,5 kA	10 kA	5 kA

Tabela 6: Wartości dla SPD ograniczających napięcie w zastosowaniu PV na budynku w przypadku niezachowania odstępu izolacyjnego



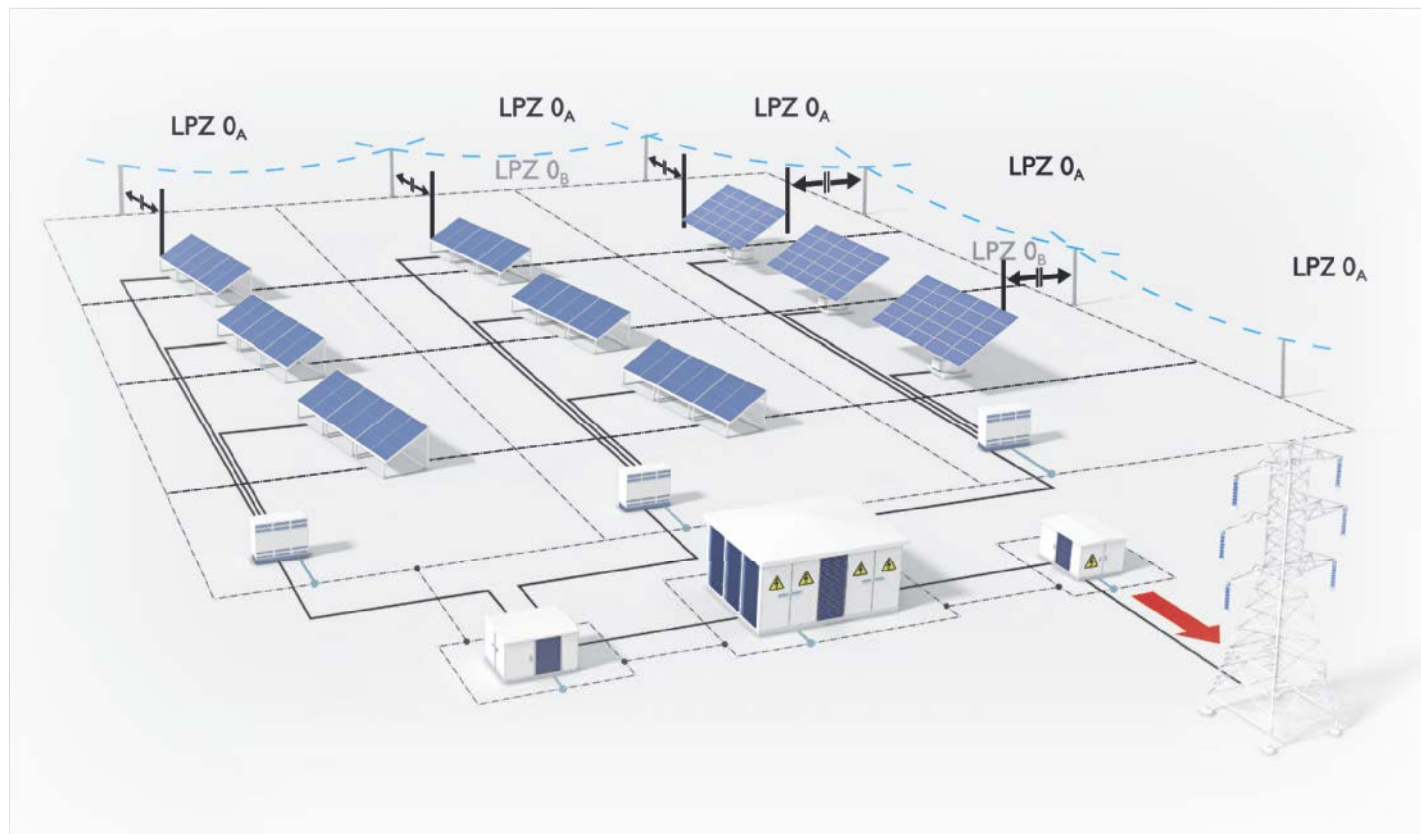
Urządzenia SPD ucinające napięcie		  GDT MOV + GDT równolegle			
Klasa ochrony odgromowej LPL	Maksymalny udarowy prąd piorunowy (10/350 μ s)	Liczba zewnętrznych przewodów odprowadzających			
		<4		≥ 4	
		na tor ochronny $I_{10/350}$	I_{total}	na tor ochronny $I_{10/350}$	I_{total}
I lub nieznane	200 kA	25 kA	50 kA	12,5 kA	25 kA
II	150 kA	18,5 kA	37,5 kA	9 kA	18 kA
III lub IV	100 kA	12,5 kA	25 kA	6,25 kA	12,5 kA

Tabela 7: Wartości dla SPD ucinających napięcie w zastosowaniu PV na budynku w przypadku niezachowania odstępu izolacyjnego

(gas discharge tube, GDT). Połączenia tych dwóch podstawowych elementów konstrukcyjnych są traktowane w następujący sposób: połączenie szeregowe warystora i GDT jest również traktowane jako ograniczające napięcie, z kolei połączenie równoległe jest uznawane jako ucinające napięcie. Dla zapewnienia skutecznej ochrony instalacji w normie IEC 61643-32 [18] znajdują się ponadto wskazówki dotyczące liczby instalowanych urządzeń SPD oraz ich optymalnego miejsca instalacji. W przypadku ochrony falownika obowiązuje zalecenie instalowania SPD jak najbliżej falownika. Jeżeli długość przewodu między modułami PV a falownikiem przekroczy 10 m, to na drugim końcu przewodu w obszarze modułów PV należy zainstalować dodatkowe urządzenie zabezpieczające, aby skutecznie chronić również te moduły.

W instalacjach z zewnętrznym układem ochrony odgromowej i w przypadku niezachowania odstępu separacyjnego należy ponadto połączyć ramy metalowe i systemy nośne modułów PV z układem ochrony odgromowej w sposób odporny na prąd piorunowy. Niezależnie od danej długości przewodu należy w takim przypadku w każdym miejscu montażu zainstalować SPD typu 1. Wynika to z tego, że wszystkie przewody instalacji PV są traktowane jako równoległe tory do przyłączone do szyny wyrównania potencjałów i jak urządzenia ochronne tak i ograniczniki przyłączone do nich muszą być odporne na częściowe prądy piorunowe.



Ilustr. 71: Instalacja naziemna z zewnętrzną instalacją odgromową

6.3.2 Instalacje naziemne

W celu prawidłowego zaplanowania układów ochrony odgromowej i przed przepięciami dla naziemnych instalacji fotowoltaicznych, w porównaniu do instalacji budowlanych istotne są jeszcze inne aspekty:

- Zakres rozproszenia połączenia wyrównawczego
- Wykonanie układu uziemienia
- Stosowanie typów falowników (falowniki łańcuchowe lub centralne)

Instalacje naziemne charakteryzują się

z reguły znacznie rozproszonym systemem wyrównywania potencjałów, w którym z reguły znajduje się wiele uziomów szpilkowych. Ramki do modułów są również włączone w system wyrównania potencjałów. Długości przewodów między modułami PV i punktem zasilania mogą wynosić w tych instalacjach kilka set metrów.

Jeżeli dojdzie do uderzenia w zewnętrzny układ ochrony odgromowej, częściowe prądy piorunowe zostaną wprowadzone w system wyrównywania potencjałów. Dlatego instalacje naziemne

z falownikami centralnymi należy chronić w zakresie prądu stałego urządzeniami SPD typu 1, których wymagana wydajność jest podana w tabeli 8.

W instalacjach naziemnych z falownikami łańcuchowymi zainstalowanymi w pobliżu modułów PV do ochrony obwodów prądu przemiennego należy wybrać SPD, którego zdolność wyładowczą należy dobrać podobnie z tabeli 8. Do ochrony obwodów prądu stałego wystarczają SPD typu 2 o zdolności wyładowczej co najmniej 5 kA (8/20 μ s) na każdy tor.

Klasa ochrony odgromowej LPL maksymalny udarowy prąd piorunowy (10/350 μ s)		SPD podłączone do strony DC I_{imp} w kA (10/350 μ s), I_n w kA (8/20 μ s)							
		urządzenia SPD ograniczające napięcie			urządzenia SPD ucinające napięcie				
		MOV		MOV + GDT szeregowo		GDT		MOV + GDT równ.	
		$I_{10/350}$		$I_{8/20}$		$I_{10/350}$			
		na tor ochronny	I_{total}	na tor ochronny	I_{total}	na tor ochronny	I_{total}		
III lub IV	100 kA	5 kA	10 kA	15 kA	30 kA	10 kA	20 kA		

Tabela 8: Parametry prądu piorunowego ($I_{10/350}$) i I_n ($I_{8/20}$) dla urządzeń SPD w zakresie prądu stałego w instalacji naziemnych PV z falownikiem centralnym

VALVETRAB-MB-...-DC-PV

Koszty instalacji PV można znacznie obniżyć poprzez wysokie systemowe napięcie stałe do 1500 V. Potrzeba mniej skrzynek przyłączeniowych generatorów, również podczas układania przewodów można zaoszczędzić koszty materiałów.

Rodzina produktów VAL-MB firmy Phoenix Contact to nowy standard wydajnych SPD dla napięć do 1500 V DC. Charakteryzują

się one wysoką całkowitą zdolnością odprowadzania I_{total} 12,5 kA (10/350 μ s) i spełniają tym samym wszystkie wymagania norm oraz warunki dyrektywy w sprawie instalacji w zakresie zastosowania w klasie ochrony odgromowej III i IV.



Ilustr. 72: VAL-MB-T1/T2 1500DC-PV/2+VFM

6.4 Ochrona obwodów sygnałowych w technologii AKPiA

W obszarze pomiarów, sterowania i regulacji (AKPiA) centralną rolę odgrywa przesyłanie sygnałów bez zakłóceń. Bezawaryjna eksploatacja urządzeń sterowania budynkiem, produkcji lub urządzeń technologicznych wymaga wysokiej jakości jak i dostępności przesyłanych sygnałów. Są one jednak narażone na wpływ otoczenia o coraz większej aktywności elektrycznej. Dotyczy to zwłaszcza raczej słabych sygnałów dostarczanych przez czujniki. Niskie napięcia lub prądy, które wymagają zabezpieczonej transmisji, przetwarzania i oceny, są zawsze częściej narażone na zakłócenia elektromagnetyczne i wysokoczęstotliwościowe.

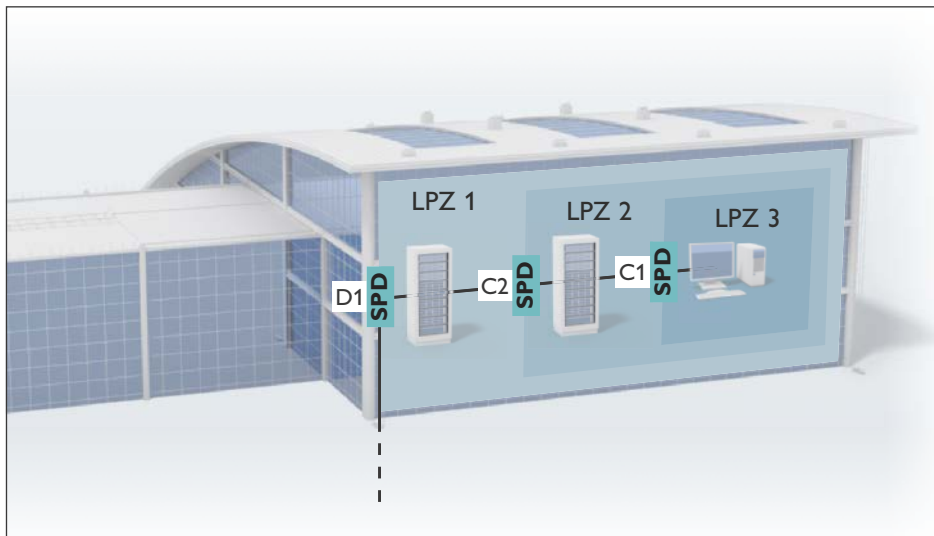
Przyczyny:

- Rosnąca liczba komponentów elektrycznych we wszystkich klasach mocy, zwłaszcza silników i innych urządzeń wykonawczych zasilanych przez falowniki
- Postępująca miniaturyzacja i zagęszczenie komponentów urządzeń
- Wzrost liczby bezprzewodowych urządzeń komunikacyjnych i sterowniczych
- Systemy cyfrowe, działające z większymi częstotliwościami przesyłania

Niedostateczne uwzględnienie tych czynników, nieodpowiednie dostosowanie na wypadek błędów i wady projektowe mają negatywny wpływ na bezbłędną transmisję danych.

Również przepięcia, na przykład na skutek uderzenia pioruna, mogą pogorszyć działanie i dostępność podzespołów systemu AKPiA. Szkodom i usterkom w obwodach AKPiA wywołanym przepięciami można zapobiec skutecznie poprzez zastosowanie idealnie dobranych SPD.

W zależności od poziomu zagrożenia, jak i wymagań w zakresie poziomu ochrony stosuje się SPD ze złożonymi układami ochronnymi lub z pojedynczy-



Ilustr. 73: Strefy ochrony odgromowej i klasyfikacja urządzeń zabezpieczających do AKPiA i sieci informatycznych wg PN-EN/IEC 61643-22 [16]

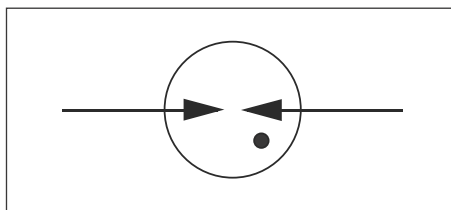
mi elementami. Instaluje się je bezpośrednio przed chronionymi wejściami sygnałowymi. Układy stosowanych SPD są dostosowane do różnych rodzajów sygnałów.

6.4.1 Sposób działania ograniczników przepięć

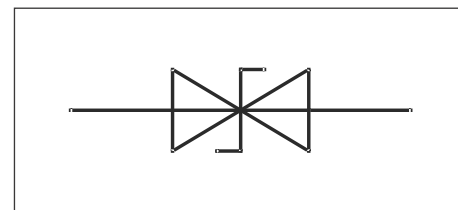
W obszarze AKPiA jest wiele różnych zastosowań i form sygnałów. Dlatego są wymagane są różne układy zabezpieczające zoptymalizowane na potrzeby danej aplikacji. Typowe elementy dla takich ograniczników przepięć to iskiernik gazowany (GDT) i diody transil (Transient Voltage Suppressordiode, TVS). Warystory są stosowane rzadziej ze względu na „objawy starzenia” (wzrost

prądu upływowego po silnym obciążeniu) oraz większą konstrukcją.

GDT składają się z układu elektrod w ceramicznej lub szklanej rurce. Między elektrodami znajduje się gaz szlachetny, np. argon albo neon. Przy osiągnięciu napięcia zapłonu, z uwagi na wyładowania gazowe, element stanowi małą rezystancję (element niskoomowy). Napięcie zapłonu nie jest wartością stałą, lecz zależną od prędkości przyrostu przepięcia. Po zapłonie przestrzeni wyładowania typowo występuje napięcie łuku pomiędzy 10 a 30 V, które można zmierzyć jako spadek napięcia na SPD. GDT mają dużą skuteczność odprowadzania prądów udarowych wynoszącą kilka dziesiątek tysięcy amperów (8/20 μ s). Przy wartościach powyżej kilkuset woltów



Ilustr. 74: Symbol graficzny iskiernika gazowanego



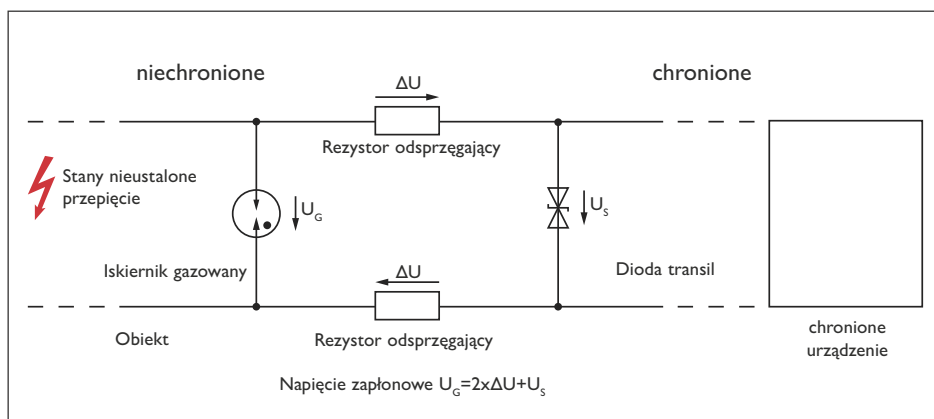
Ilustr. 75: Symbol graniczny diody transil

napięciowy poziom ochrony jest jednak względnie wysoki.

Przez diody transil przepływa prąd po przekroczeniu wartości progowej napięcia lub napięcia wstecznego U_R . Przy napięciu przebicia U_{BR} przez diodę transil płynie prąd 1 mA. W tym punkcie zaczyna się ograniczanie przepięcia przez diodę. Maksymalne napięcie ograniczenia jest największym napięciem, jakie może odłożyć się na diodzie przy impulsie prądowym. Duże zalety diod TVS to prędkość reakcji oraz dobre ograniczanie napięcia. Skuteczność odprowadzania prądów udarowych jest jednak znacznie mniejsza niż w przypadku GDT. W nowoczesnych urządzeniach zabezpieczających wykorzystywane są dostosowane do siebie GDT i diody TVS, aby możliwe było optymalne wykorzystanie ich zalet. GDT zapewnia dużą zdolność wyładowczą, a dioda TVS niski napięciowy poziom ochrony oraz szybką charakterystykę odpowiedzi. Aby to uzyskać, wymagana jest koordynacja elementów połączeniowych między GDT a diodą TVS. Sposób działania takiego układu dwustopniowego został wyjaśniony na ilustracji 76. Po wystąpieniu przepięcia przejściowego między żyłami sygnałów dioda TVS po krótkim czasie reakcji przyjmuje stan niskoomowy. Zaczyna przy tym przepływać prąd przez diodę oraz elementy odsprężające $R_{całkowita}$ znajdujące się na ścieżce sygnałowej. Spadek napięcia w diodzie zostaje przy

tym ograniczony do tak zwanej wartości „maximum clamping voltage” lub na zaciskach wyjściowych SPD do wartości deklarowanego poziomu ochrony U_p . Przy optymalnej konstrukcji prowadzenia prądu przez urządzenie SPD napięciowy poziom ochrony U_p jest tylko nieznacznie wyższy niż „maximum clamping voltage”. Aby odprowadzać prądy udarowe przekraczające maksymalną odporność diody TVS na prądy udarowe, GDT musi odprowadzać taką część prądu udarowego, która w przeciwnym razie doprowadziłaby do przeciążenia diody TVS. Komutacja prądu następuje wtedy gwałtownie, gdy napięcie występujące na GDT osiągnie poziom napięcia zapłonu U_z . Jeśli pojawi się prąd przepływający poprzez układ, napięcie spada do wartości napięcia łuku (w zależności od typu 10 V–30 V). Podczas analizy układu zabezpieczającego (rys. 76) reakcja komutacyjna jest w istotnym stopniu określana przez rezystancję elementów odsprężających, co wyraźnie widać na podstawie poniższej analizy. Spadek napięcia U_G na GDT, który określa zapłon, wynika ze spadku napięcia wzdłuż elementów odsprężających oraz spadku napięcia U_S na diodzie TVS. Ze zbliżonej do liniowej relacji wymienionych wcześniej spadków napięcia widać, że poprzez zmiany wartości rezystancji elementów odsprężających można dokładnie sterować spadkiem napięcia na GDT, a ponadto charakterystyką odpowiedzi

jak również zakresem mocy w diodzie TVS. Przeciwnieństwem do tego pozytywnego wzrostu właściwości powiązanych z $R_{całkowita}$ jest zwiększenie strat mocy w elementach odsprężających (rezystorach). Górna granica prądu znamionowego SPD wynika z zachowania maksymalnych temperatur aparatu przy własnym wydzieleniu ciepła.



Ilustr. 76: Dwustopniowy układ ochronny

Układy podstawowe

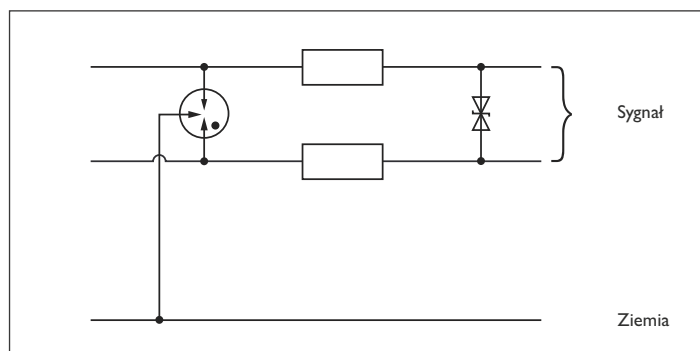
W obszarze AKPiA dostępne są różne układy zabezpieczające dostosowane do szczególnych zastosowań. Przede wszystkim wyróżnia się obwody pętli prądowych (loop) oraz sygnały ze wspólnym potencjałem/przewodem powrotnym. Pętle prądowe, niezależne, (loop) ze względu na zabezpieczenie przed zakłóceniami są często odizolowane od potencjału masy. Spotykanym często zastosowaniem takiego sygnału jest pętla prądowa od 4 do 20 mA stosowana do przesyłania wartości pomiarowych. Aby zapewnić izolację w aplikacjach również w późniejszym czasie, konieczny jest dobór odpowiednich SPD. Wypełnione gazem ograniczniki gwarantują podczas pracy izolację między żyłami sygnałowymi a potencjałem ziemi. W przypadku wystąpienia przepięcia urządzenie GDT odprowadza je skutecznie do ziemi

i zapewnia ograniczenie napięcia, dzięki czemu nie dochodzi do przekroczenia wytrzymałości izolacji odbiornika. Typowa wytrzymałość izolacji odbiorników wynosi 1,5 kV. Poza ochroną wytrzymałości izolacji w zastosowaniach AKPiA szczególnie ważna jest ochrona między żyłami sygnałowymi, aby nie dopuścić do przekroczenia odporności elektrycznej. Odbiorniki są z reguły znacznie bardziej wrażliwe na tego rodzaju różnice potencjałów, ponieważ mają one wpływ na czułe elementy półprzewodnikowe urządzeń. Często odpowiednia wytrzymałość elektryczna urządzeń wynosi mniej niż 100 V. Dany poziom ochrony w SPD opiera się na szybko reagującej diodzie TVS, która realizuje odpowiednio niski napięciowy poziom ochrony.

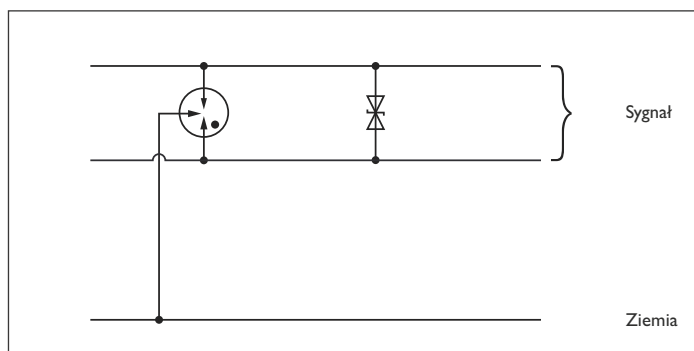
W przypadkach, gdy rezystory odsprzęgające w torze wzdłużnym nie są dozwolone, konieczna jest wersja układu

bez odsprzężenia. Sytuacja taka może wystąpić w przypadku dwuprzewodowych obwodów pomiarowych Pt 100, gdzie rezystory mogłyby zafałszować wyniki pomiarów. Ten rodzaj układu zabezpieczającego stosuje się również do układów wykonawczych o wyższych prądach znamionowych. Ze względu na brak odsprzężenia między żyłami sygnałowymi jest mniejsza odporność na prądy udarowe.

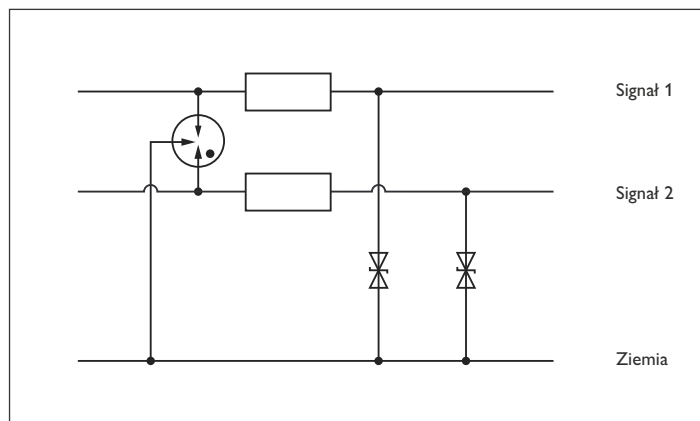
Aplikacje o wspólnym potencjale odniesienia wymagają szczególnie skonstruowanego układu zabezpieczającego, ponieważ wrażliwe elementy półprzewodnikowe odbiorników mogą ulec uszkodzeniu również na skutek przepięć przejściowych między żyłami sygnałowymi a potencjałem odniesienia. Dlatego w tym przypadku diody TVS są umieszczone między każdą żyłą i potencjałem odniesienia. W przypadkach, w których



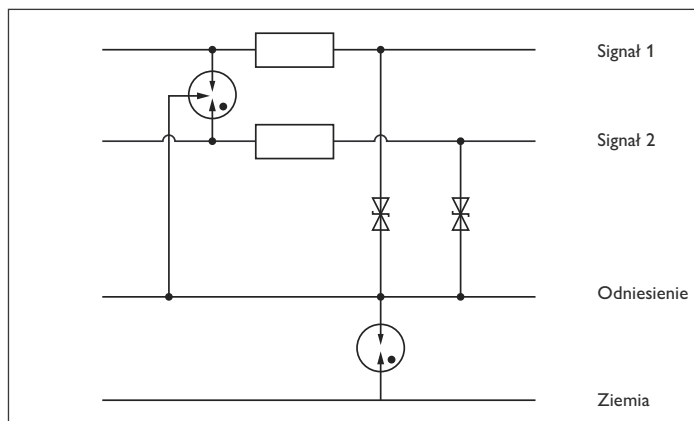
Ilustr. 77: Schemat podstawowy do izolowanych obwodów sygnałowych



Ilustr. 78: Schemat podstawowy do izolowanych obwodów sygnałowych (bez rezystorów odsprzęgających)



Ilustr. 79: Schemat podstawowy do aplikacji ze wspólnym potencjałem odniesienia z bezpośrednim uziemieniem



Ilustr. 80: Schemat podstawowy do aplikacji ze wspólnym potencjałem odniesienia z pośrednim uziemieniem

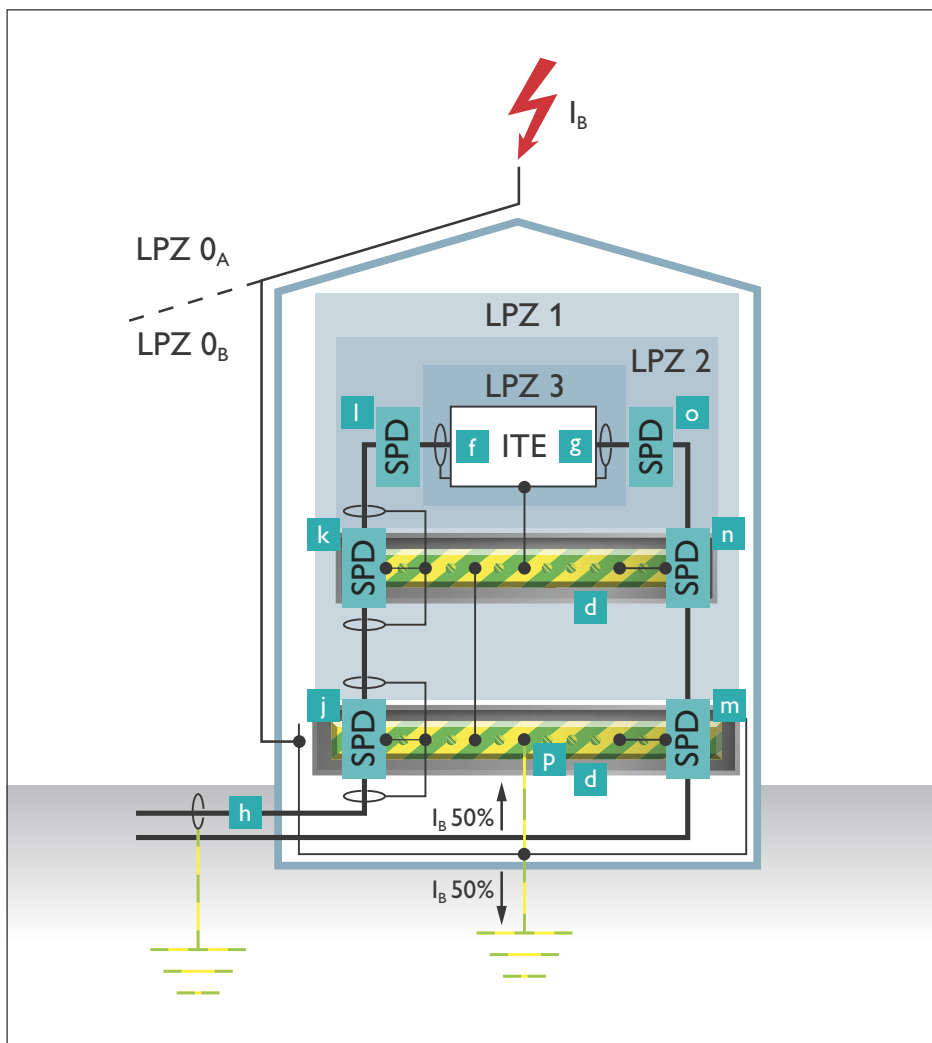
potencjał odniesienia jest uziemiony, można stosować SPD, jak przedstawiono na ilustracji 79. W niektórych przypadkach bezpośrednie połączenie wspólnego potencjału odniesienia (np. masy) i potencjału masy jest niedozwolone lub niewskazane. W takim przypadku zastosowania stosowane są wersje układów z dodatkowym GDT między potencjałem odniesienia a uziemieniem (ilustr. 80). Jest to nazywane uziemieniem pośrednim.

6.4.2 Koncepcja ochrony w zastosowaniach AKPiA

Na podstawie analizy ryzyka ustala się konieczność stosowania ochrony przed przepięciami. Urządzenia SPD są dobierane na podstawie klasy testu wyznaczanej przez granicę stref, patrz ilustr. 81. Aby uzyskać optymalną skuteczność ochrony, SPD należy umieścić zawsze na granicach stref. Wszystkie przewody wprowadzane do budynku lub z niego wyprowadzane powinny zostać włączone przez odpowiednie SPD do wspólnej koncepcji wyrównania potencjałów. Koncepcję stref należy stosować w szczególności wtedy, gdy jest zewnętrzny system ochrony odgromowej. Na przykład pierwszy poziom ochrony (j, h) bezpośrednio na wejściu do budynku służy przede wszystkim do ochrony instalacji przed zniszczeniem. Stosowane SPD powinny zostać dobrane odpowiednio do oczekiwanego zagrożenia. Kolejne SPD (k,n oraz m,o) muszą

Granica stref	$0_A \rightarrow 1$	$1 \rightarrow 2$	$2 \rightarrow 3$
Typ SPD zgodny z IEC-61643-21	D1	C2	C1
Typ SPD zgodnie z IEC-61643-11	1	2	3

Tabela 9: Granice stref ochrony odgromowej i odpowiednie typy SPD



Ilustr. 81: Koncepcja stref wg PN-EN/IEC 61643-22 [16]

być w stanie zredukować zmniejszone napięcia zakłóceniewe i prądy udarowe do wielkości akceptowalnej przez urządzenia końcowe. Inaczej niż w przypadku instalacji SPD do systemów zasilania, w przypadku sygnałów AKPiA nie ma konieczności instalowania SPD na każdej granicy stref (patrz IEC 61643-22, [16]).

W praktyce dokonuje się wyboru, aby nie chronić przewodów sygnałowych od pola przy każdym przejściu strefy. Dzięki temu nakłady na instalację są niewielkie. Kilka stopni ochrony jest połączonych w jednym ograniczniku dla AKPiA. Taki moduł zabezpieczający można zainstalować wygodnie przed chronionym urządzeniem, np. przed wejściami sterownika. W porównaniu do SPD do zasilania na podstawie

PN-EN/IEC 61643-11 tutaj nie występuje rozróżnienie według T1, T2, T3, lecz SPD są klasyfikowane na podstawie zdolności wyładowczej. D1 do impulsów piorunowych na granicy stref LPZ 0/1, C2 do zredukowanych impulsów zakłóceniewych w LPZ 1/2 i C1 w LPZ 2/3. Na podstawie informacji pomocniczych do wyboru (tabela 9) z CLC/TS 61643-22 [16] można stwierdzić, jaki ogranicznik w jakim miejscu należy zastosować.

Ochrona przed przepięciami do pętli prądowych

Przesyłanie wartości pomiarowych w obiekcie często odbywa się metodą standardową. W szczególności sygnał od 4 do 20 mA jest szczególnie często stosowany tam, gdzie znajdują się dłuższe przewody. Wartość pomiarowa na czujniku jest przekształcana na wartość natężenia, która przepływa między dwoma urządzeniami do przesyłania. Rezystancja przewodu nie wpływa na prąd przesyłanej wartości pomiarowej. W pętlach prądowych często stosowane są dwie żyły sygnałowe, które nie potrzebują kolejnego potencjału odniesienia i są poprowadzone w sposób izolowany względem potencjału ziemi. Aby zabezpieczyć takie aplikacje przed stanami nieustalonymi, w obydwu punktach końcowych potrzebne są SPD. Poszczególne SPD są wykonane jako wielostopniowy układ zabezpieczający. W związku z tym skutecznie ograniczone zostają w obydwu punktach końcowych przejściowe napięcia poprzeczne między żyłami sygnałowymi oraz napięcia wzdłużne, patrz ilustr. 82.

Ochrona przed przepięciami sygnałów binarnych

W technice sterowania często używane są podzespoły, które mają większą liczbę wejść i wyjść sygnałów (digital in / digital out). Ponadto występuje wspólny potencjał odniesienia, który często jest

wykorzystywany jako wspólny przewód powrotny z obiektu. Układ zabezpieczający właściwy dla tego rodzaju zastosowania zawiera dwa stopnie ochrony między każdą żyłą i wspólnym potencjałem odniesienia. Między dwoma „sąsiednimi” żyłami sygnałowymi zawsze jest obecna ochrona w postaci połączenia szeregowego dwóch diod transil. Równocześnie ochrona do ziemi jest realizowana przez GDT, w związku z czym suma wszystkich możliwych stanów nieustalonych zostaje ograniczona, patrz ilustr. 83.

Ochrona przed przepięciami pomiarów temperatury

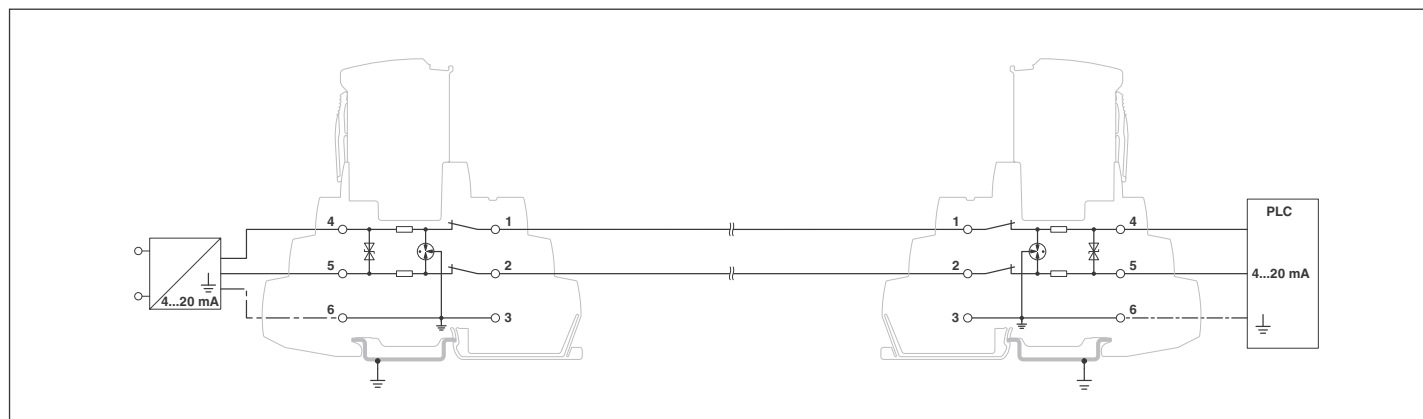
Jeżeli pomiar temperatury jest wykonywany przez rezystor zależny od temperatury, np. Pt 100, to należy w szczególny sposób uwzględnić zakres rezystancji dodatkowych przewodów oraz rezystory odsprzęgające ograniczników. Przy pomiarze dwuprzewodowym wartość rezystancji SPD może zafałszować wynik pomiaru. Jeżeli suma rezystorów odsprzęgających w obwodzie pomiarowym wynosi np. 4 omy, to przy pomiarze 0°C występuje błąd pomiaru 4%, ponieważ zamiast 100 omów wykryte zostają 104 omy. Z tego powodu występują dwustopniowe układy zabezpieczające jako wariant bez rezystorów odsprzęgających, aby zminimalizować oddziaływanie urządzeń SPD w tym zastosowaniu, patrz ilustr. 84.

Ochrona przed przepięciami w strefach zagrożonych wybuchem

W przemyśle chemicznym i petrochemicznym ze względu na procesy produkcyjne może występować atmosfera wybuchowa. Dzieje się tak np. poprzez wypływ gazu, oparów lub mgieł. Z wystąpieniem atmosfery wybuchowej spowodowanej pyłami należy się jednak liczyć również w młynach, silosach, cukrowniach i wytwórniach pasz. Dlatego urządzenia elektryczne stosowane w takich strefach podlegają szczególnym wymaganiom. Dotyczy to również SPD stosowanych w tego rodzaju aplikacjach.

Obszary zagrożone wybuchem wg norm są podzielone na strefy. W przypadku obszarów zagrożonych wybuchem pyłu i gazu podział podany jest w normie PN-EN/IEC 60079-11 [17]. Podział stref opiera się na częstotliwości występowania atmosfery wybuchowej.

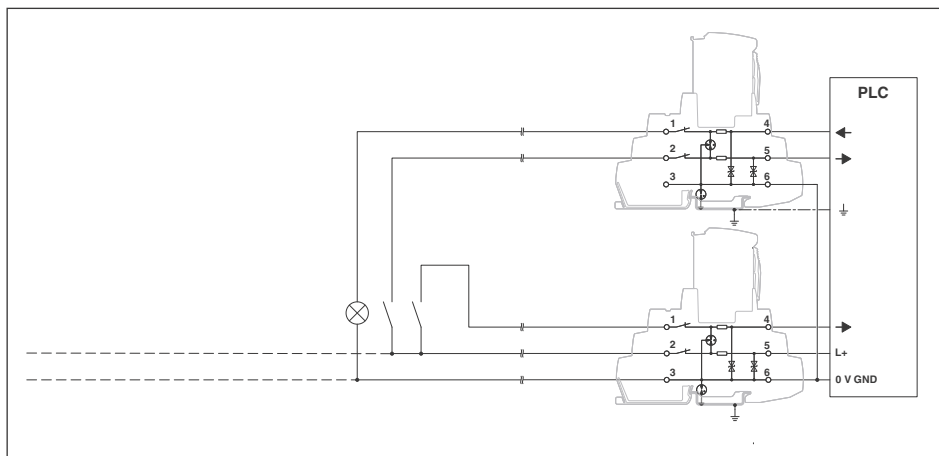
W obszarze AKPiA szczególnie często stosowany jest rodzaj zabezpieczenia Ex i, wykonanie iskrobezpieczne. Wykonanie iskrobezpieczne, w przeciwieństwie do innych rodzajów zabezpieczeń przeciwwybuchowych (obudowy wzmocnione) nie dotyczy pojedynczego urządzenia, lecz odnosi się do całych obwodów elektrycznych. Obwód elektryczny określany jest jako iskrobezpieczny, jeżeli natężenie i napięcie ograniczane są w takim stopniu, że iskra albo efekt termiczny nie mogą spowodować zapłonu atmosfery



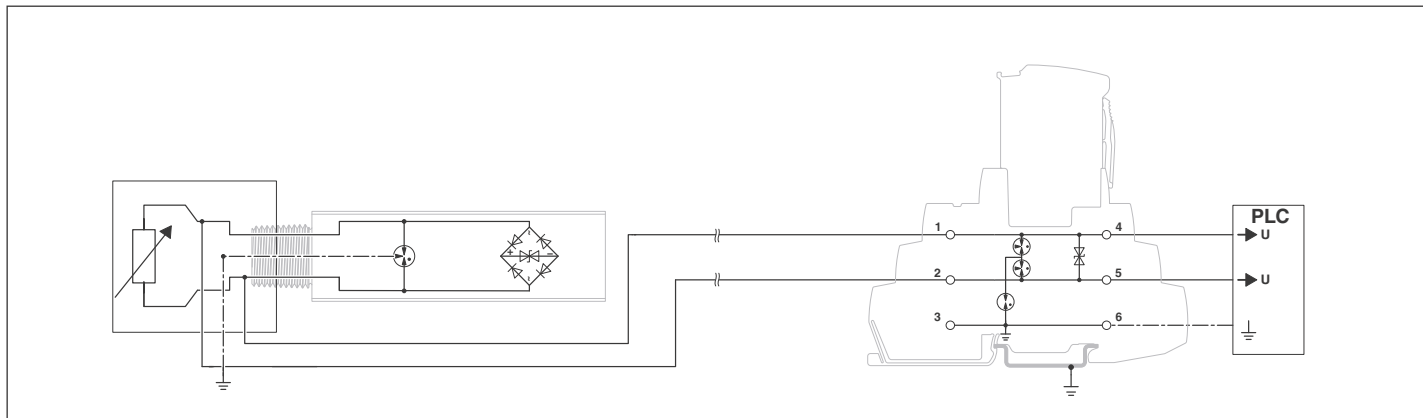
Ilustr. 82: Przykład przesyłania sygnału pomiarowego (4...20 mA) z ochroną przed przepięciami

wybuchowej. Napięcie jest ograniczane aby utrzymać energię iskry poniżej energii zapłonu gazu w otoczeniu. Efekt termiczny, np. zbyt gorące powierzchnie, eliminuje się poprzez ograniczanie natężenia. Istnieje możliwość akumulowania energii poprzez pojemność i indukcyjność obwodu sygnałowego. Należy to również uwzględnić w analizie iskrobezpiecznego obwodu prądowego. Poziom ochrony „ia”, „ib” albo „ic” określa, czy w obwodzie chroniącym ochrona jest utrzymana pomimo 2 błędów, 1 czy też zabezpieczenie przed błędem nie występuje. W przypadku zastosowań iskrobezpiecznych przeprowadzana jest analiza błędów w celu wykluczenia niebezpieczeństwa wybuchu. W odniesieniu do ochrony przed przepięciami dla obwodów iskrobezpiecznych należy zwrócić

uwagę, aby dostępne było odpowiednie dopuszczenie Ex i. Ponadto wymaga się, aby SPD bezpiecznie odprowadzało co najmniej 10 impulsów prądu udarowego 10 kA (8/20 μ s). Obszerny opis środków przeciwybuchowych w połączeniu z rodzajem zabezpieczenia w wykonaniu iskrobezpiecznym znajduje się w normie PN-EN/IEC 60079-11 [17].



Ilustr. 83: Przykład zabezpieczonych wejść i wyjść binarnych sterownika



Ilustr. 84: Przykład zabezpiezonego dwuprzewodowego pomiaru temperatury (Pt 100)

Strefa 0

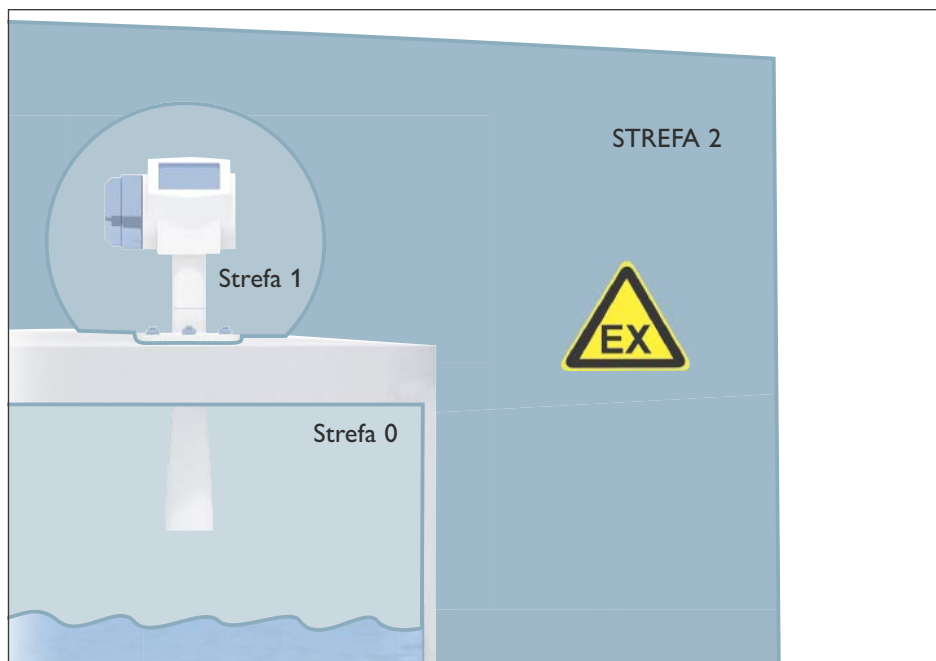
Obszar, w którym niebezpieczna, grożąca wybuchem atmosfera gazowa występuje stale, długotrwale lub często. Z reguły warunki takie panują wewnątrz cystern, rurociągów, aparatury i zbiorników.

Strefa 1

Obszar, w którym należy się liczyć z tym, że niebezpieczna, grożąca wybuchem atmosfera gazowa może wystąpić sporadycznie w warunkach normalnej pracy. Zalicza się tutaj bliskie otoczenie strefy 0 oraz bliskie obszary wokół urządzeń napełniających i spustowych.

STREFA 2

Obszar, w którym niebezpieczna gazowa atmosfera wybuchowa nie występuje w trakcie normalnego działania, a w przypadku wystąpienia trwa tylko przez krótki czas. Strefa 2 obejmuje pomieszczenia magazynowe służące wyłącznie do celów magazynowych, obszary wokół rozłączalnych połączeń rurociągów i z reguły otoczenie strefy 1.



Ilustr. 85: Podział na strefy na przykładzie zbiornika płynów z czujnikiem poziomu



Ilustr. 86: TERMITRAB complete do ochrony obwodów iskrobezpiecznych

Certyfikowane urządzenia zabezpieczające do obszarów zagrożonych wybuchem

Phoenix Contact oferuje rozwiązania z rodziny TERMITRAB complete, PLUGTRAB IQ i SURGETRAB, które posiadają dopuszczenie ATEX zgodnie z dyrektywą 94/9/WE i mogą być instalowane w obwodach iskrobezpiecznych do strefy potencjalnie zagrożonej wybuchem 1.

Urządzenia SPD Phoenix Contact do obwodów iskrobezpiecznych to produkty z kategorii „Ex ia”, które zapewniają najwyższy poziom bezpieczeństwa. W kategorii „ia” przy występującym napięciu U_m i U_i obwód iskrobezpieczny nie może wywołać zapłonu przy założeniu, że dwa błędy wystąpią niezależnie od siebie.

6.4.3 Wybór urządzeń SPD do instalacji AKPiA

Różnorodność urządzeń zabezpieczających w zakresie technologii AKPiA jest duża. Kryteria wyboru począwszy od oczywistych właściwości instalacyjnych SPD przez jego korzystne funkcje sięgają do parametrów technicznych aplikacji.

Właściwości instalacji

a) Rodzaj montażu

Standardowo SPD są instalowane na szynie montażowej. W przypadku instalacji SPD w urządzeniu obiektowym częściowo łatwiej jest przykręcić je bezpośrednio do głowicy czujnika.

b) Techniki przyłączeń

Wiele SPD ma znane zaciski śrubowe. W technologii AKPiA, gdzie łączy się wiele żył, popularne są również szybkie, beznarzędziowe połączenia Push-in.

c) Szerokość konstrukcyjna

Liczba zabezpieczanych sygnałów w zastosowaniu AKPiA jest często bardzo duża. Węższe SPD może więc znacznie przyczynić się do tego, że cała szafa sterownicza będzie mniejsza.

Funkcje produktu

d) Sygnalizacja i sygnalizacja zdalna

Przeciążone ograniczniki nie zapewniają ochrony i należy je wymieniać. Dzięki wskaźnikom na SPD można rozpoznać uszkodzone urządzenie. Możliwość komunikacji zdalnej umożliwia szybką wymianę SPD po wyświetlonej zmianie statusu w sterowni. Sygnalizacja zdalna zwiększa jakość całej koncepcji ochrony przed przepięciami.

e) Wtykowość

Wtykane ograniczniki można wymieniać bez ingerencji w instalację. Podczas wtykania i wyciągania sygnał nie jest przy tym przerywany ani modyfikowany.

f) Rozłącznik nożowy

SPD z rozłącznikiem nożowym dają możliwość otwarcia obwodu sygnałowego na SPD. Dzięki temu można separować okablowanie SPD od strony obiektu od okablowania strony elektroniki. Ponadto można łatwo wykonać prace konserwacyjne, np. pomiar izolacji, aby np. zidentyfikować błąd w okablowaniu obiektowym.

Parametry aplikacji

g) Typ interfejsu

Zasadniczo rozróżnia się typy interfejsu z potencjałem odniesienia lub bez. Sygnały z potencjałem odniesienia, np. cyfrowe wejścia sygnały, wymagają elementu do ochrony zgrubnej i dokładnej między żyłą sygnałową a potencjałem odniesienia. Sygnały bez potencjału odniesienia, np. pętla prądowa od 4 do 20 mA, wymagają elementu do ochrony dokładnej między obydwoma żyłami sygnałowymi, ponieważ instaluje się tutaj czułą elektronikę, a także ochrony zgrubnej do potencjału ziemi. Mając powyższe na względzie należy wybrać odpowiedni ogranicznik.

h) Napięcie znamionowe

Napięcie znamionowe aplikacji ma znaczny wpływ na odporność urządzenia końcowego na napięcia udarowe. Ogólnie im mniejsze jest napięcie znamionowe instalacji, tym mniejszy powinien być napięciowy poziom ochrony SPD. Maksymalne napięcie w aplikacji nie może przekraczać jednak napięcia pracy ciągłej ogranicznika, inaczej prowadzi to do przeciążenia.

i) Prąd znamionowy

Prąd znamionowy urządzeń SPD do obwodów AKPiA jest ograniczony przez rodzaj układu ochronnego. Ponieważ prądy nominalne w aparatach AKPiA są z reguły niewielkie, w wielu przypadkach wystarczy niski prąd znamionowy ogranicznika. W obwodach o wyższym prądzie nominalnym należy dobrać inny ogranicznik. Prąd nominalny w obwodzie chronionym nie może przekraczać prądu znamionowego SPD.

j) Liczba przewodów sygnałowych

Dla każdej pary żył sygnałowych można użyć osobnego SPD. Aby zwiększyć gęstość upakowania, odpowiednie są ograniczniki, które zabezpieczają kilka przewodów sygnałowych, np. dwa wejścia cyfrowe ze wspólnym potencjałem odniesienia.

Konfigurator online do ochrony AKPiA przed przepięciami

Samodzielna ocena wszystkich kryteriów wyboru jest zmusna. Phoenix Contact oferuje konfigurator online, które w łatwy sposób umożliwia wybór właściwego ogranicznika dla poszczególnych aplikacji AKPiA. Podczas doboru konfigurator bierze pod uwagę techniczne dopasowanie ogranicznika. Łatwo można dodać wybrane właściwości produktu oraz usunąć niepotrzebne. Dzięki temu w prosty sposób znacznie ułatwia on proces wyboru produktu.



Kod strony: #1389

k) Aplikacje HF lub interfejs danych > 1 Mb/s

Wiele układów ochrony przed przepięciami wykazuje charakterystykę dolnoprzepustową. Do urządzeń wysokiej częstotliwości są więc potrzebne układy zabezpieczające, których tłumienie jest ledwo zauważalne.

l) Pomiary zależne od rezystancji

W powszechnie stosowanych układach zabezpieczających obwodów AKPiA w torze sygnałowym stosowane są rezystory odsprężające, służące do koordynacji między elementem do ochrony zgrubnej i dokładnej. Do pomiarów, gdzie zmienia się rezystancja, są dostępne układy, które nie mają wpływu na impedancję toru sygnałowego.

6.4.4 Najwęższe ograniczniki przepięć – TERMITRAB complete

W instalacjach AKPiA często wymagane są ograniczniki o wysokiej gęstości upakowania, ponieważ np. w przemyśle przetwórczych w jednej szafie sterowniczej należy chronić często wielką liczbę przewodów. Przez wykorzystanie bardzo wąskich ograniczników TERMITRAB complete można zaoszczędzić wiele miejsca, otrzymując system o mniejszych wymiarach.

Wskaźnik stanu i zdalna sygnalizacja

Ograniczniki przepięć mogą ulec przeciążeniu i awarii. Aby koncepcja ochrony spełniła swoje zadanie, należy na czas rozpoznać i wymienić przeciążony SPD. W tym celu TERMITRAB complete na modułach posiada mechaniczne wskaźniki stanu. Sygnalizują one odłączenie przeciążonego elementu chroniącego od toru sygnałowego. Wskaźnik statusu pracuje

m) Aplikacje Ex

W zastosowaniach w atmosferach wybuchowych obowiązują podwyższone wymagania w stosunku do urządzeń elektrycznych. Do tych zastosowań konieczne są urządzenia SPD o odpowiednich właściwościach i dopuszczeniach.

n) Typ obwodu ochronnego

Standardowo stosowane są wielostopniowe układy zabezpieczające, zawierające elementy do ochrony zgrubnej oraz dokładnej. Te układy służą do ochrony ogromnej i przed przepięciami, dlatego można je stosować uniwersalnie. Układy jednostopniowe są zbudowane prościej, zapewniają też tylko ochronę ogromną lub tylko ochronę przed przepięciami.

bez dodatkowej energii pomocniczej. Status modułów TERMITRAB complete można przesyłać do sterowni dzięki opcjonalnie dostępnemu modułowi komunikacji zdalnej. Dzięki temu informacje o sprawności systemu ochrony przed przepięciami są stale dostępne. Moduł komunikacji zdalnej nadzoruje status do 40 sąsiadujących ze sobą modułów TERMITRAB complete. Nie jest do tego potrzebne dodatkowe okablowanie ani programowanie. Jeśli w sytuacji przeciążenia nastąpi odłączenie jednego z elementów, mechanizm oddzielający zamyka kanał monitorowania i wysyłany jest komunikat zbiorczy.

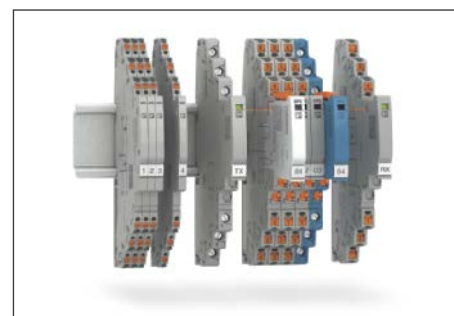
Dokładnie dostosowana oferta

TERMITRAB complete to dokładnie dostosowana oferta z różnymi funkcjonalnościami. Obejmuje zwykłe zaciski z pojedynczym elementem chroniącym, a także wielostopniowe, wtykane SPD ze wskaźnikiem statusu i wbudowanym odłącznikiem nożowym. W ten sposób można opracować koncepcję według

Właściwości instalacji	Parametry aplikacji
Rodzaj montażu	Typ interfejsu
Technika przyłączenia	Napięcie znamionowe
Szerokość	Prąd znamionowy
	Liczba przewodów sygnałowych
Właściwości produktu	Aplikacje HF lub interfejs danych (> 1 Mb/s)
Sygnalizacja i zdalna sygnalizacja	Pomiar zależny od rezystancji
Wtykowość	Aplikacje Ex
Rozłącznik nożowy	Typ obwodu ochronnego

Tabela 10: Kryteria wyboru urządzenia SPD do aplikacji AKPiA

indywidualnych potrzeb z wybranymi właściwościami produktu. W konfiguratorze online wybór właściwego układu i jego cech odbywa się w kilku krokach.

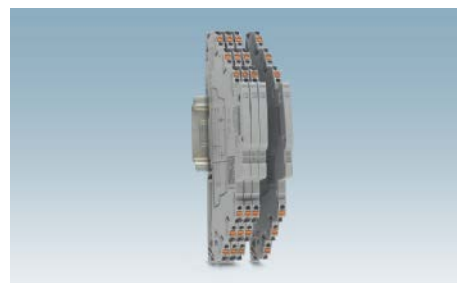


Ilustr. 87: Ochrona przed przepięciami do wszystkich aplikacji TERMITRAB complete

TERMITRAB complete – ultra wąskie

Rodzina produktów TERMITRAB complete TTC obejmuje najwęższą na świecie ochronę przed przepięciami do sygnałów AKPiA o szerokości tylko 3,5 mm. Pozwala to oszczędzić przestrzeń montażową oraz zredukować koszty.

- Szerokość 3,5 mm
- Połączenia sprężynowe Push-in
- Wielostopniowy układ ochronny
- Sygnały cyfrowe i analogowe



Ilustr. 88: TTC-3

TERMITRAB complete – wąskie i wtykane

Również w wersjach wtykanych modele TERMITRAB complete o szerokości konstrukcyjnej 6 mm są najwęższymi rozwiązaniami na rynku.

- Szerokość 6 mm
- Wtykane sprawdzane elektrycznie
- Wbudowany wskaźnik statusu
- Również z odłącznikiem nożowym
- Zaciski śrubowe lub Push-in
- Wielostopniowy układ ochronny



Ilustr. 89: Wersje wtykane TTC-6

TERMITRAB complete – jednoczęściowe

Jeżeli nie jest wymagana wtykowość ani możliwość sprawdzania urządzeń, to odpowiednią alternatywą są wersje jednoczęściowe systemu TERMITRAB complete.

- Szerokość 6 mm
- Opcjonalnie ze wskaźnikiem statusu i odłącznikiem nożowym
- Zaciski śrubowe lub Push-in
- Wielostopniowy układ ochronny



Ilustr. 90: Wersje jednoczęściowe TTC-6

TERMITRAB complete – jednostopniowy

Jedynie takie jednostopniowe elementy ochrony na rynku z wbudowanym wskaźnikiem statusu i możliwością komunikacji zdalnej.

- Szerokość 6 mm
- Wbudowany wskaźnik statusu
- Zaciski śrubowe lub Push-in
- Jednostopniowy układ zabezpieczający

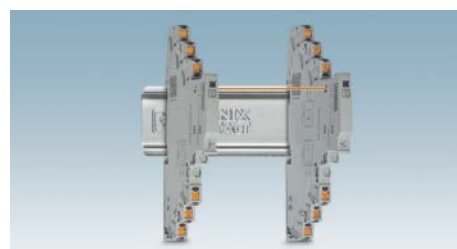


Ilustr. 91: Wersje jednostopniowe TTC-6

TERMITRAB complete – sygnalizacja zdalna

Moduł nadajnika i odbiornika do nadzorowania do 40 urządzeń zabezpieczających z rodziny TERMITRAB complete.

- Szerokość 6 mm
- Wbudowany wskaźnik statusu
- Zaciski śrubowe lub Push-in
- Zestaw komunikacji zdalnej
- Bez okablowania urządzeń



Ilustr. 92: Zestaw do zdalnej sygnalizacji TTC-6

6.4.5 SPD z systemem wczesnego ostrzeżenia

W instalacjach bezobsługowych czy trudno dostępnych monitoring zdalny ograniczników jest uzasadniony. Możliwą jest prewencyjna strategia utrzymania ruchu, dzięki ciągłej obserwacji statusów. W odniesieniu do analizowanych elementów układu zabezpieczającego, diody TVS i GDT, do rejestrowania stanu części i oceny procesów zużycia można stosować opisane poniżej metody oparte na zasadach fizycznych i statystycznych, a także na ich powiązaniu.

a) „Bezpośrednia” ocena stanu elementu w rozumieniu „bezpośredniego fizycznego procesu oceny” jest możliwa, jeżeli występuje bezpośrednia relacja między wielkością pomiarową a rejestrowanym stanem zużycia. Tego rodzaju powiązanie fizyczne występuje np. między powstawaniem prądów upływowych diody TVS a zakresem uszkodzeń.

b) Statystyczne metody oceny mogą być stosowane w przypadku dobrej znajomości procesów zużycia i awarii analizowanego elementu konstrukcyjnego, wynikających z obciążenia. W takim przypadku po zarejestrowaniu obciążenia i porównaniu z granicami obciążenia opisanymi w normie PN-EN/IEC 61643-21 [7] można wysnuć wnioski co do stanu statystycznego. Tutaj przydatne jest np. wykry-

wanie optyczne wyładowania w gazie wewnątrz GDT połączone z przepływem prądu.

Realizacja techniczna rejestrowania i oceny stanu dla 2-stopniowego ogranicznika jest możliwa dzięki wykrywaniu optycznemu przepływu prądu przez GDT oraz rejestrowanie prądu upływu przez diodę TVS. Poprzez rejestrowanie wielkości pomiarowych można przy pomocy odpowiednich algorytmów na bieżąco wyciągać wnioski o występującym obciążeniu części oraz fizycznych zmianach parametrów elementów. Te informacje można zobrazować przez komunikat o stanie. Aby te informacje można było sprawdzić np. w sterowni, korzystne jest zdalne zgłaszanie statusu ochrony. W tym celu często wykorzystywany jest styk bezpotencjałowy na urządzeniu zabezpieczającym, który jest analizowany przez PLC. Wynik można przekazać do sterowni poprzez różne media transmisyjne (magistrala lub systemy bezprzewodowe). System ograniczników przepięć PLUGTRAB PT-IQ (ilustr. 93) daje możliwość rejestrowania stanu i jego dalszego przetwarzania. Dzięki inteligentnemu systemowi monitorowania sygnalizują one odpowiedni status ogranicznika. Na wtyku ochronnym znajduje się dioda sygnalizująca zbliżanie się ogranicznika przepięć do kresu działania. Kolor żółty oznacza również nadal całkowitą sprawność funkcji ochronnej. Jest to jedynie ostrzeżenie umożliwiające zaplanowanie

wymiany. Wymiana jest zalecana, a najpóźniej w momencie zaświecenia się czerwonej diody jest konieczna.

Aby zminimalizować koszty okablowania produktów, w szynie nośnej przebiega magistrala zasilania i sygnalizacji. W ten sposób do modułów zabezpieczających doprowadzane jest zasilanie oraz zgłaszają one swój status do centralnego modułu zasilania i komunikacji zdalnej (PT-IQ-PTB), który wyświetla sygnał również na wkładce i udostępnia przez styki bezpotencjałowe jako sygnał komunikacji zdalnej. Wykorzystując różne media komunikacyjne styki te wysyłają informację o statusie ograniczników w grupie do systemu nadrzędnego.



Ilustr. 93: System do urządzeń zabezpieczających PT-IQ z sygnalizacją stanu

PLUGTRAB PT-IQ

Dzięki temu inteligentnemu systemowi monitoringu użytkownik jest informowany na bieżąco o stanie swojej instalacji niezależnie od tego, gdzie się akurat znajduje. Trójstopniowa sygnalizacja umożliwia prewencyjną strategię konserwacji. Urządzenia są dostępne z zaciskami śrubowymi i zaciskami Push-in. Magistrala sygnałowa i zasilająca w szynie nośnej minimalizuje potrzebne okablowanie produktów. Ponadto dostępne są wersje do zastosowania w obwodach prądowych Ex i.

6.4.6 Ochrona przed przepięciami na urządzeniu obiektowym

Do zabezpieczenia urządzeń obiektowych dostępne są konstrukcje urządzeń SPD, które można łatwo zamocować w zabezpieczanych obiektach. Wykorzystuje się do tego wolny przepust kablowy i podłącza się urządzenie SPD okablowaniem równoległym. Jeżeli nie ma już wolnych gwintowanych dławnic na urządzeniu obiektowym, można zastosować wersję SPD z oprzewodowaniem przelotowym.

SURGETRAB

Ta seria artykułów jest przeznaczona specjalnie do stosowania w warunkach polowych. Różne wersje układów są zoptymalizowane pod względem wymagań obwodów pomiarowych i elementów wykonawczych. Dławnice z gwintem metrycznym lub 1/2" czy 3/4" umożliwiają zastosowanie we wszystkich dostępnych na całym świecie systemach urządzeń obiektowych.



Ilustr. 94: SURGETRAB z oprzewodowaniem przelotowym na urządzeniu obiektowym



Ilustr. 95: SURGETRAB z oprzewodowaniem równoległym na urządzeniu obiektowym

6.4.7 Połączenie wyrównawcze ochrony odgromowej do rurociągów

Warunkiem ekonomicznej eksploatacji rurociągów jest długi okres użytkowania. Do ochrony przed korozją stosuje się aktywne systemy antykorozyjne. Systemy te wymagają podczas

normalnej pracy izolacji rur metalowych od potencjału ziemi. Aby zabezpieczyć izolację rur (powłoka) i kołnierze izolacyjne przed uszkodzeniem na skutek przepięcia, stosuje się iskierniki separacyjne. W razie wystąpienia przepięcia, np. wskutek uderzenia pioruna, następuje spadek rezystancji iskiernika. Udarowy prąd piorunowy jest odprowadzany do

ziemi w ustalony sposób. Gwarantuje to bezpieczne połączenie wyrównawcze.



Ilustr. 96: Typowe zastosowanie: stacja tłoczenia gazu



Ilustr. 97: Przykład instalacji na izolowanym kołnierzu

6.5 Ochrona obwodów sygnałowych w systemach informatycznych

Komunikacja poprzez sieci transmisji danych to już codzienność we wszystkich dziedzinach życia.

Interfejsy pracują przy wysokich częstotliwościach i niskich poziomach sygnałów. Przez to są szczególnie wrażliwe na przepięcia. Może to prowadzić do zniszczenia elementów elektronicznych systemów informatycznych. Poza działaniem ochronnym dostosowanym specjalnie do tych systemów SPD muszą zapewniać przesyłanie sygnałów na najwyższym poziomie, ponieważ w przeciwnym razie mogłyby dojść do zakłóceń w transmisji. Z uwagi na rosnące ciągle prędkości transmisji danych aspekt ten staje się coraz ważniejszy. Dlatego przy konstruowaniu nowoczesnych urządzeń SPD do sieci informatycznych główny nacisk kładzie się na realizację dobrej charakterystyki przesyłania sygnałów. Ocenę przeprowadza się w oparciu o normę ISO/IEC 11801 i PN-EN/EN 50173.

Ponadto w dziedzinie tej spotyka się bardzo różne techniki przyłączeniowe. Dlatego urządzenia zabezpieczające muszą być dostosowane do chronionego złącza, jak i spełniać specyfikacje elektryczne. Poszczególne wersje SPD różnią się od siebie często jedynie kształtem i techniką przyłączeniową.

W układach ochronnych łączy się zazwyczaj reagujące szybko niskopojemnościowe diody TVS z mocnymi iskiernikami gazowanymi. Jeśli jest to konieczne technicznie, rezystancje odsprężają od siebie oba stopnie ochrony.

6.5.1 Ethernet i Token Ring

Architektura sieci oraz sposób przesyłania danych między stacjami w sieci danych jest nazywana topologią.

W sieciach lokalnych sprawdziły się topologie magistralowe: pierścieniowe i gwiazdowe, które można również ze sobą łączyć. Do przesyłania informacji w sieciach stosuje się skrętki lub światłowody.

Wymogi dotyczące przesyłania danych

Ethernet i Token Ring stosuje się już od wielu lat. Sieci Ethernet są stosowane powszechnie ze względu na prędkość transmisji oraz kompaktowe złącze wtykowe. Metoda przesyłania w sieci Ethernet jest opisana w normie IEEE 802.3. Szybkość transmisji wynosi do 10 Gb/s.

W zależności od kategorii (Cat. 5 – Cat. 7) definiuje się prędkość transmisji (tabela 11).

Nowsze systemy o wysokiej częstotliwości transmisji pracują zgodnie z Cat. 6 i Cat. 7 lub w przyszłości Cat. 8.1 bądź Cat. 8.2.

Ograniczniki przepięć ze złączem RJ45, w których chronione są wszystkie osiem dróg sygnałów, nadają się uniwersalnie do interfejsów Ethernet, PROFINET i Token Ring.

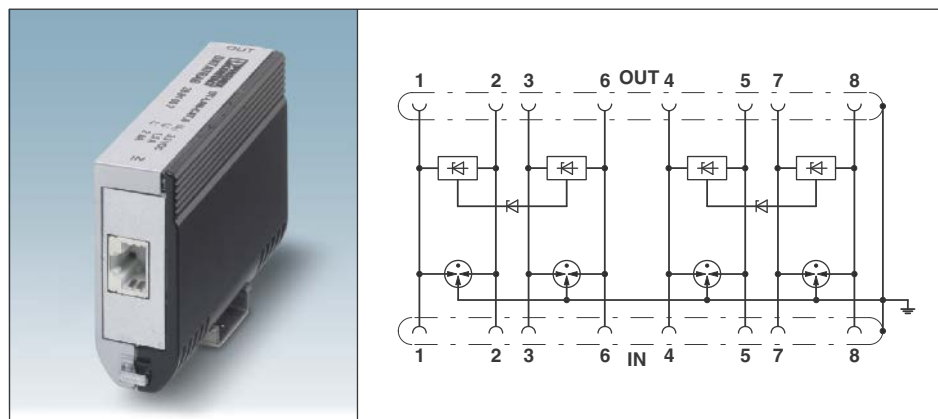
Power-over-Ethernet (PoE)

Power over Ethernet (PoE) to metoda przesyłania energii zasilania dla podłączonych urządzeń przewodem Ethernet.

Zasilanie zewnętrzne jest dostarczane na nieużywanych parach żył (tryb B, ilustr. 100) lub poprzez zasilanie Phantom (tryb A, ilustr. 99) między pary żył sygnałowych. Zgodnie z IEEE 802.3af metodą tą można przesyłać energię o mocy maks. 13,5 W. Kolejny standard IEEE 802.3at pozwala na przesyłanie za pomocą PoE+ już 25,5 W. Obecnie trwają dyskusje na temat PoE++, gdzie będą osiągnięte jeszcze wyższe prędkości transmisji.

6.5.2 Interfejsy szeregowe

Interfejsy szeregowe służą do wymiany danych między komputerami a urządzeniami peryferyjnymi. W przypadku



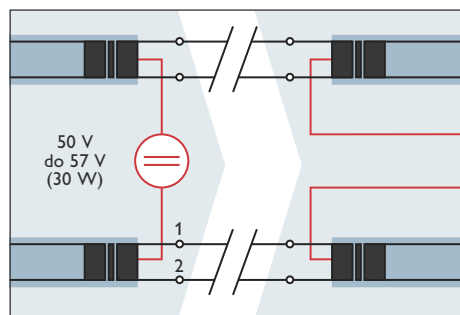
Ilustr. 98: DT-LAN-Cat.6+ – SPD do systemów informatycznych

DT-LAN-Cat.6+

Ogranicznik przepięć DT-LAN-CAT.6+ zapewnia optymalną ochronę wrażliwego wyposażenia, ponieważ szybko reagujące elementy aktywne zastosowano zarówno do przewodów danych jak i do systemu PoE.

	Obszar zastosowań	Kategoria	Mb/s	Przewód	Złącze
100 Base TX (Fast Ethernet)	LAN, okablowanie strukturalne budynku	5	100	Skrętka 2-...4-parowa	RJ45, pary: 1-2, 3-6 lub 4-5, 7-8
1000 Base T (Gigabit-Ethernet)	LAN, okablowanie strukturalne budynku	5e, 6	1000	Skrętka 4-parowa	RJ45, pary: 1-2, 3-6, + 4-5, 7-8
10 GBase T (Gigabit-Ethernet)	LAN, okablowanie strukturalne budynku	6a	10 000	Skrętka 4-parowa	RJ45, pary: 1-2, 3-6, + 4-5, 7-8
10 GBase T (Gigabit-Ethernet)	LAN, okablowanie strukturalne budynku	7	10 000	Skrętka 4-parowa	RJ45, pary: 1-2, 3-6, + 4-5, 7-8

Tabela 11: Prędkość transmisji względem kategorii mocy



Ilustr. 99: Przesyłanie zasilania zewnętrznego przez zasilanie Phantom (tryb A)

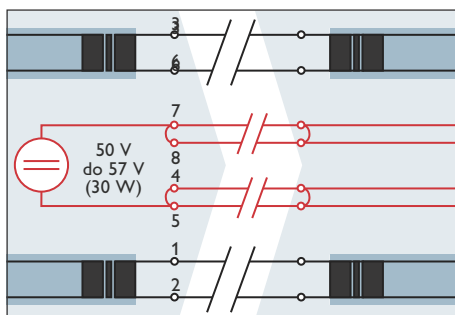
szeregowej transmisji danych bity są przesyłane po kolei (szeregowo) jednym przewodem. Stosuje się głównie:

PROFIBUS i RS-485

Interfejs szeregowy RS-485 stosuje się w sieci Intel-Bitbus i jest spokrewniony blisko z RS-422. Ta symetryczna transmisja danych odbywa się zazwyczaj poprzez adapter sygnałowy. Można spotkać również wersje z dwoma parami żył sygnałowych i jednym przewodem GDN.

W starszych instalacjach napięcie sygnału tego interfejsu wynosi -7 V do +12 V w stosunku do GDN. W nowszych systemach stosuje się wersję o poziomie TTL, czyli +/- 5 V.

Nowszą wersją interfejsu RS485 jest interfejs Profibus. Wykorzystuje ono właściwości fizyczne RS-485, przy czym prędkości transmisji wyno-



Ilustr. 100: Przesyłanie zasilania zewnętrznego przez wolną parę żył (tryb B)

są do 12 Mb/s. Do dalszych obszarów zastosowania tego interfejsu należą urządzenia do rejestracji czasu i danych maszyn.

Często jako ogranicznik przepięć stosuje się adaptory przejściowe D-SUB do montażu na szynie nośnej lub moduły na szynę nośną z zaciskami śrubowymi.

V.24

Interfejs szeregowy V.24 lub RS-232 to niesymetryczny interfejs do transmisji sygnałów. Jeden sygnał nadawczy i jeden sygnał odbiorczy mają wspólny potencjał odniesienia (ground). Dodatkowo można przysyłać do pięciu sygnałów sterujących. Oznacza to maksymalnie osiem aktywnych sygnałów plus ground. Podłączenie odbywa się zazwyczaj za pomocą D-SUB 25, D-SUB 9 lub zacisków śrubowych.

V.11

Interfejs szeregowy V.11 lub RS-422 to symetryczny interfejs do transmisji sygnałów. Łącze transmisyjne może mieć do 1000 m. Sygnał nadawczy i odbiorczy są przesyłane jedną parą żył sygnałowych. Dodatkowo ground jest prowadzony jako potencjał odniesienia, aby w podłączonych interfejsach panowały określone warunki napięcia.

TTY

Interfejs TTY służy do szeregowej i symetrycznej transmisji poprzez dwie pary żył sygnałowych. Przy napięciu sygnału do maks. 24 V jest przetwarzany sygnał prądowy. Wartości od 10 do 30 mA to logiczna 1, a od 0 do 1 mA to logiczne 0. Typowe prędkości transmisji danych to 9,6 kb/s lub 19,2 kb/s.

6.6 Ochrona obwodów sygnałowych w telekomunikacji

Urządzenia telekomunikacyjne są obecnie stałym wyposażeniem każdego biura. Szczególnie w środowisku biznesowym nieograniczona dostępność nowoczesnych i szybkich systemów komunikacyjnych jest dziś nieodzowna. Poprzez zastosowanie odpowiednich urządzeń zabezpieczających można zapobiec nagłej i nieoczekiwanej awarii ważnych urządzeń telekomunikacyjnych. Do transmisji danych DSL i również do analogowych interfejsów danych są dostępne odpowiednie ograniczniki przepięć.

Układ zabezpieczający składa się z kombinacji diod i mocnych iskierników gazowanych. Wypełnione gazem iskierniki są wykonane jako wersje trzejelektrodowe. Elektroda środkowa jest umieszczona jako ochrona przed napięciem wzdłużnym do potencjału ziemi. Jeśli jest to konieczne technicznie, rezystancje odsprężają od siebie oba stopnie ochrony. Do ochrony napięcia z sieci zasilającej (power cross) urządzenia trzejelektrodowe są wyposażone w zabezpieczenie termiczne.

6.6.1 Interfejsy telekomunikacyjne

xDSL

Złącza DSL (digital subscriber line) udostępniają połączenie internetowe z prędkością 1 Mb/s (ADSL) do 100 Mb/s (VDSL). Częstotliwość transmisji wynosi od 2,2 MHz do 17,7 MHz. Napięcie znamionowe do układu ochronnego odpowiednich ograniczników przepięć zależy od tego, czy przesyłane jest również zasilanie napięciem stałym. Typowe wartości napięcia znamionowego do aplikacji:

- Bez zasilania: < 24 VDC
- Z zasilaniem: ≥ 110 VDC

Przy porównaniu międzynarodowym częstotliwość aplikacji DSL może różnić się w zależności od regionu o kilka 100 kHz. Dlatego podczas doboru ograniczników należy uwzględnić ich częstotliwość graniczną.

Analogowe złącze telekomunikacyjne

Telekomunikację analogową można spotkać dziś już wyłącznie w zwyczajnych liniach telefonicznych. Ograniczniki prze-

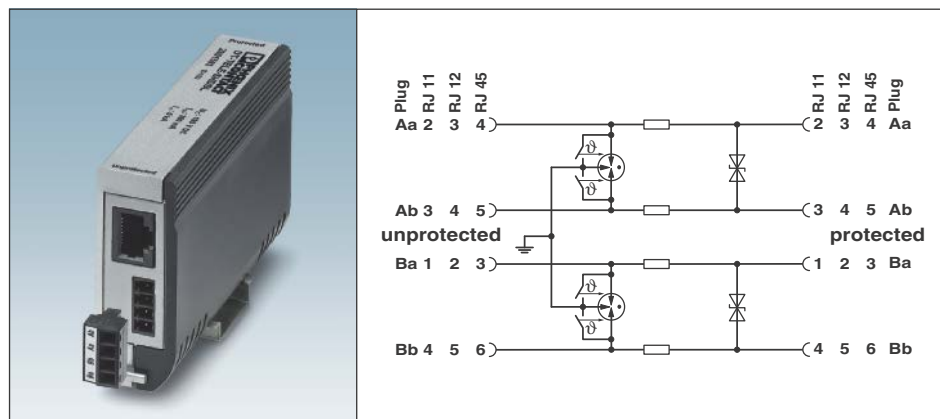
pięć do tego celu powinny mieć napięcie znamionowe 180 V. Z reguły ograniczniki zabezpieczające DSL (ilustr. 101) mogą być używane również do telekomunikacji analogowej.

6.6.2 Technika przyłączania

Jako sposób przyłączania od lat stosuje się LSA PLUS. Jest to zacisk nacinający izolację, który za pomocą specjalnego narzędzia dociska pojedynczo żyły kabla wraz z izolacją. Do tych listew LSA PLUS można łatwo podłączać moduły bez narzędzi. Do ochrony służą magazyny ochrony zgrubej (z GDT) lub modułowe wtyki miniaturowe z kombinacjami elementów ochrony zgrubej i dokładnej (ilustr. 102).



Ilustr. 102: COMTRAB: Modułowy, mały, prosty



Ilustr. 101: DT-TELE-RJ45 — SPD do instalacji telekomunikacyjnych

DT-TELE-RJ45

Ogranicznik przepięć DT-TELE-RJ45 dzięki minimalnej tłumienności chroni szybkie gniazda VDSL. A uniwersalna technika połączeń (RJ45, RJ12, RJ11 i wtyk z zaciskami śrubowymi) sprawia, że produkt nadaje się do każdego zastosowania.

6.7 Ochrona obwodów sygnałowych urządzeń nadawczych i odbiorczych

Urządzenia nadawcze i odbiorcze są szczególnie narażone na przepięcia.

Wychodzące poza budynki i często bardzo długie przewody antenowe, jak i same anteny, są narażone bezpośrednio na wyładowania atmosferyczne. Z tego powodu stosuje się przewody koncentryczne posiadające korzystne właściwości pod względem kompatybilności elektromagnetycznej. Ekran przewodu antenowego może być uziemiony lub nieziemiony w zależności od warunków systemu. Jednak nie eliminuje to całkowicie niebezpieczeństwa powstania przepięć w przewodach antenowych. Poprzez te przewody przepięcia mogą dostać się do wrażliwych złączy urządzeń nadawczych i odbiorczych.

Wysokie częstotliwości transmisji radiowej wymagają zastosowania urządzeń zabezpieczających o niskiej pojemności własnej, jak i małej tłumienności wtrąceniowej oraz dobrego dopasowania impedancji. Poza tym konieczna jest wysoka skuteczność ochrony oraz wysoka zdolność odprowadzania. Dlatego większość urządzeń zabezpieczających jest wyposażona w wydajne iskierniki gazowane lub technologię Lambda/4.

Technologia LAMBDA/4

Technologia Lambda/4 stosuje zwarcie między przewodem wewnętrznym a ekranem. Długość tego przewodu zwierającego jest dostosowana do częstotliwości, jaka ma być przepuszczana bez tłumienia. Dużą zaletą tej technologii jest osiągnięcie bardzo dobrego (niskiego) poziomu ochrony, ponieważ ogranicznik pracuje w zakresie częstotliwości przepięć jako zwarcie. Należy jednak uwzględnić, że do kabla, w którym jest podłączony jest ogranicznik Lambda/4, nie może być wprowadzone zasilanie stałoprądowe. Optymalne pod względem wysokich częstotliwości ogranicznik Lambda/4 może przesyłać stosunkowo szerokie pasmo sygnałów (np. od 0,8 do 2,25 GHz). Ilustr. 103 przedstawia typową budowę urządzenia zabezpieczającego z technologią Lambda/4.

Najpopularniejszymi obszarami zastosowania SPD w telekomunikacji są:

Gniazdo antenowe odbiorników radiowych i telewizyjnych

Urządzenia zabezpieczające do odbiorników radiowych i telewizyjnych montuje się zazwyczaj między gniazdem antenowym na ścianie a odchodzącym przewodem antenowym. Do tunerów telewizji satelitarnej oferujemy wielokanałowe urządzenia zabezpieczające do montażu na ścianie. Gniazdo szerokopasmowe

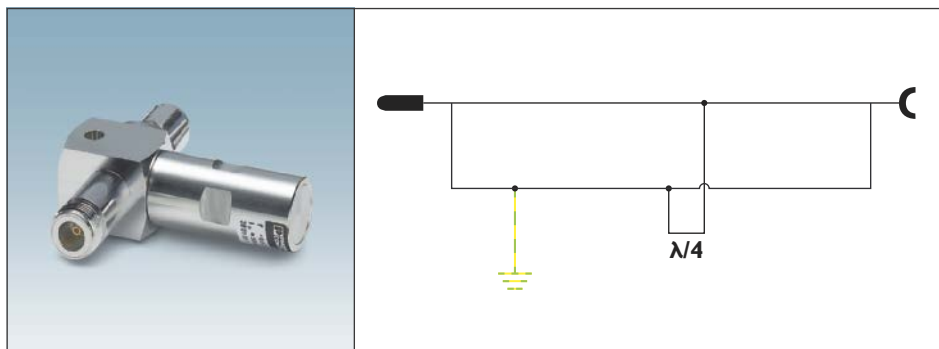
i antenowe mają zazwyczaj złącza TV i RF wg DIN 45325. Tunery TV SAT podłącza się złączem F.

Wideokomunikacja

Obszar zastosowania wideokomunikacji sięga od monitorowania budynków, poprzez place i obiekty użyteczności publicznej po obiekty sportowe i rekreacyjne. Wymagana stała gotowość tych urządzeń monitorujących wymusza zastosowanie odpowiednich ograniczników. Jako urządzenia zabezpieczające stosuje się głównie adaptory ze złączem BNC i TNC.

Sieci radiowe i telefonii komórkowej

Teletransmisja radiowa to technika bezprzewodowego przesyłania danych. Wytworzone fale radiowe są przesyłane przez anteny kierunkowe z częstotliwością nośną od 1 do 40 GHz. Typowymi antenami są reflektory paraboliczne, anteny muszlowe i anteny tubowe. Częstotliwości znamionowe sygnałów użytkowych w tym zakresie wynoszą od 0,8 GHz do 2,7 GHz. Do łączenia urządzeń zabezpieczających stosuje się zazwyczaj złącza N, SMA lub 7/16.



Ilustr. 103: Urządzenie zabezpieczające CN-LAMBDA/4 z technologią Lambda/4

CN-LAMBDA/4

Urządzenie zabezpieczające CN-LAMBDA/4-2.25 umożliwia efektywną ochronę różnych systemów transmisyjnych działających w zakresie GHz. Zapewnia to szerokopasmowa technologia LAMBDA/4.

7

Słowniczek

ATEX

ATEX to stosowany powszechnie synonim dyrektywy ATEX Unii Europejskiej. Nazwa ATEX pochodzi od francuskiego skrótu od „atmosphères explosibles”.

Sygnaly binarne

Sygnaly binarne to sygnaly cyfrowe, które mogą mieć tylko stan wysoki lub niski. Zazwyczaj sygnaly te odnoszą się do wspólnego potencjału odniesienia lub wspólnego przewodu powrotnego.

Urządzenie piorunochronne

System składający się ze zwodów, przewodów odprowadzających i przewodów uziemiających poza obiektem budowlanym oraz systemu wyrównania potencjałów i skoordynowanego systemu SPD wewnątrz obiektu budowlanego. Służy on do ochrony przed skutkami na skutek przepięć i prądów udarowych spowodowanych uderzeniem pioruna.

Klasa ochrony odgromowej

Normatywny podział układów ochrony odgromowej na klasy od I do IV. Odnoszą się one do zestawu parametrów prądu piorunowego pod względem prawdopodobieństwa, przy czym jeśli naturalnie występujące największe i najmniejsze wartości wyładowań nie będą przekroczone to prądy będą bezpiecznie rozładowane. Klasa ochrony odgromowej I odpowiada przy tym najwyższym wartościom znamionowym oraz największemu prawdopodobieństwu przejścia. Wartość obniżają się stopniowo do klasy IV.

Strefa ochrony odgromowej (LPZ)

Strefa o określonym środowisku elektromagnetycznym pod względem zagrożenia piorunowego. Wszystkie przewody (zasilające) przecinające granice stref muszą

być włączone poprzez odpowiednie SPD do głównego systemu wyrównania potencjałów. Granice strefy ochrony odgromowej nie muszą być granicami fizycznymi (np. ściany, podłoga czy sufit).

Tłumienność wtrąceniowa

Wartość tłumienia jest stosunkiem napięć, występujących bezpośrednio przed i po dołączeniu badanego ogranicznika przepięć. Wynik podawany jest w decybelach

Kompatybilność elektromagnetyczna

Kompatybilność elektromagnetyczna to zdolność aparatury, urządzenia lub systemu do pracy w środowisku narażonym na zakłócenia elektromagnetyczne, nie powodując samemu zakłóceń, które byłby nie do przyjęcia dla aparatury, urządzeń lub systemów występujących w tym środowisku.

Zdolność gaszenia prądu następczego (I_{fl})

Zdolność gaszenia prądu następczego określa spodziewaną wartość skuteczną prądu zwarciovego w miejscu montażu SPD typu ucinającego napięcie, dla której SPD przy najwyższym napięciu pracy U_c po działaniu wskutek prądu udarowego samoczynnie powróci do stanu wysokomowego, bez wyzwolenia zabezpieczenia nadmiarowo-prądowego.

Gas discharge tube, GDT

Iskernik gazowany

Najwyższe napięcie trwałe (U_c)

Najwyższa wartość skuteczna napięcia, jakie może występować stale w torach ochronnych SPD. Najwyższe napięcie trwałe musi przekraczać napięcie znamionowe o co najmniej 10%. W syste-

mach o większych wahaniami napięcia trzeba stosować SPD o większym odstępie między U_c i U_N .

Impulsowy prąd udarowy (I_{imp})

Wartość szczytowa prądu płynącego przez SPD w kształcie impulsu (10/350 μ s). Kształt impulsu (10/350 μ s) prądu udarowego jest charakterystyczny dla skutków bezpośredniego uderzenia pioruna. Wartość impulsowego prądu udarowego jest stosowana do specjalnych badań SPD w celu wykazania jego odporności na wysokoenergetyczne prądy piorunowe. W zależności od klasy ochrony odgromowej wymaganej dla instalacji odgromowej SPD muszą posiadać odpowiednie wartości minimalne tego parametru.

Wytrzymałość dielektryczna

Wytrzymałość izolacji obwodów elektrycznych urządzenia na napięcia wytrzymywane i napięcia udarowe o amplitudzie powyżej najwyższego napięcia pracy.

Napięcie bez obciążenia (U_{oc})

Napięcie bez obciążenia generatora hybrydowego na zaciskach SPD. Generator hybrydowy wytwarza tak zwany udar kombinowany, tzn. w stanie bez obciążenia dostarcza impuls napięciowy o określonym kształcie, z reguły (1,2/50 μ s), a w stanie zwarcia impuls prądowy o określonym kształcie, z reguły (8/20 μ s). Udar kombinowany jest charakterystyczny dla skutków napięć indukowanych. W zależności od klasy ochronności wymaganej dla instalacji odgromowej SPD muszą posiadać odpowiednie wartości minimalne tego parametru.

Odporność na zwarcia (ISCCR)

Najwyższy prąd zwarciovowy sieci elektrycznej, dla którego dobrano SPD w połączeniu z znajdującym się wcześniej zabezpieczeniem nadmiarowo-prądowym. Odporność na zwarcia określa, do jakiego spodziewanego prądu zwarciovowego w miejscu montażu można zastosować SPD. Odpowiednie badania w celu określenia tej wartości wykonuje się w połączeniu z zainstalowanym wcześniej zabezpieczeniem nadmiarowo-prądowym. W przypadku specjalnych urządzeń zabezpieczających do instalacji fotowoltaicznych wartość I_{SCPV} odpowiada maksymalnemu stałemu prądowi zwarciovemu instalacji, do którego można zastosować SPD.

Lightning protection zone, LPZ

Strefa ochrony odgromowej (LPZ)

Znamionowy prąd wyładowczy (I_n)

Wartość szczytowa prądu w formie impulsu ($8/20 \mu s$), który przepływa przez SPD. Kształt impulsu ($8/20 \mu s$) jest charakterystyczny dla skutków pośredniego uderzenia pioruna lub operacji łączeniowej. Wartość znamionowego prądu wyładowczego stosuje się do szeregu badań SPD, między innymi do wyznaczania poziomu ochrony. W zależności od klasy ochrony odgromowej wymaganej dla instalacji odgromowej SPD muszą posiadać odpowiednie wartości minimalne tego parametru.

Znamionowy prąd obciążenia (I_L)

Maksymalna skuteczna wartość prądu znamionowego, jaki może popłynąć do odbiornika o charakterze rezystancyjnym podłączonego do chroniącego wyjścia SPD. Ta wartość maksymalna jest określana przez elementy przewodzące prąd roboczy wewnątrz SPD. Muszą one wytrzymać termicznie ciągłe obciążenie prądowe.

Napięcie znamionowe (U_N)

Wartość znamionowa napięcia obwodu prądowego lub sygnałowego w odnie-

sieniu do przewidzianego zastosowania SPD. Podane napięcie znamionowe dla urządzenia SPD odpowiada napięciu systemowemu typowego miejsca zastosowania SPD, czyli dla klasycznej instalacji trójfazowej np. 230/400 V AC. Niższe napięcia systemowe również mogą być zabezpieczone przez SPD. W przypadku wyższych napięć systemowych należy zdecydować w każdym przypadku, czy można zastosować SPD i czy należy przestrzegać jakichś ograniczeń.

Overcurrent protective device, OCPD

Zabezpieczenie nadmiarowo-prądowe

Power-over-Ethernet, PoE

Power over Ethernet to metoda przesyłania energii pomocniczej dla podłączonych urządzeń przewodem Ethernet.

Technologia Safe Energy Control, technologia SEC

Technologia SPD do ochrony systemów zasilania. SPD z technologią SEC wyróżniają się następującymi cechami:

- Brak wpływów zwrotnych i długa żywotność
- Rozwiązanie bez bezpiecznika do każdej aplikacji
- Kompaktowa budowa i montaż wtykowy

Poziom ochrony (U_p)

Maksymalne napięcie, jakie może występować na zaciskach przyłączeniowych SPD podczas obciążenia impulsem napięcia o określonej stromości oraz obciążenia prądem wyładowczym o danej amplitudzie i kształcie fal. Ta wartość charakteryzuje skuteczność ochrony przepięciowej SPD. W przypadku wystąpienia przepięcia w zakresie parametrów roboczych SPD napięcie na chronionych zaciskach SPD zostanie ograniczone do tej maks. wartości.

Napięcie udarowe

Napięcie w kształcie impulsu charakteryzujące się wysokim wzrostem w krót-

kim czasie. Typowym kształtem impulsu jest ($1,2/50 \mu s$), który służy również do sprawdzania charakterystyki zadziałania urządzeń SPD lub odporności urządzeń na napięcie udarowe.

Prąd udarowy

Prąd w kształcie impulsu charakteryzujący się wysokim wzrostem w krótkim czasie. Typowym kształtem impulsu jest ($8/20 \mu s$), który służy do sprawdzania zdolności ograniczania napięcia przez SPD, oraz ($10/350 \mu s$) używany do testowania odporności na prąd piorunowy SPD.

Surge protective device, SPD

Urządzenie zabezpieczające przed przepięciami

TVS

TVS to skrót od Transient Voltage Suppressor.

Kategoria przepięciowa

Podział urządzeń na kategorie I do IV w zależności od odporności na napięcie udarowe. Kategoria przepięciowa I odpowiada najniższej wartości i obejmuje głównie czułe urządzenia (końcowe). Wartości rosną odpowiednio aż do kategorii IV. Wartości w poszczególnych kategoriach zależą również od poziomu napięcia instalacji zasilającej.

8

Wykaz literatury

- [1] International Electrotechnical Commission. IEC 62305-1 – Ochrona odgromowa – Część 1: Zasady ogólne: PN-EN 62305-1:2011
- [2] International Electrotechnical Commission. IEC 62305-2 – Ochrona odgromowa – Część 2: Zarządzanie ryzykiem: PN-EN 62305-2:2012
- [3] International Electrotechnical Commission. IEC 62305-3 – Ochrona odgromowa – Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia: PN-EN 62305-3:2011
- [4] International Electrotechnical Commission. IEC 62305-4 – Ochrona odgromowa – Część 4: Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach: PN-EN 62305-3:2011
- [5] International Electrotechnical Commission. IEC 60364-4-44 – Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 4-44: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa – Ochrona przed zaburzeniami napięciowymi i zaburzeniami elektromagnetycznymi. s.l. : PN-HD 60364-4-443:2016
- [6] International Electrotechnical Commission. IEC 61643-11 – Urządzenia ograniczające przepięcia w sieciach elektroenergetycznych niskiego napięcia – Wymagania i metody badań: s.l. : PN-EN 61643-11:2013
- [7] International Electrotechnical Commission. IEC 61643-21 – Urządzenia do ograniczania przepięć w sieciach telekomunikacyjnych i sygnalizacyjnych – Wymagania eksploatacyjne i metody badań: PN-EN 61643-21:2004/A2:2013
- [8] International Electrotechnical Commission. IEC 61643-31 – Niskonapięciowe urządzenia ograniczające przepięcia – Wymagania i metody badań dla SPD instalacji fotowoltaicznych – Wymagania i metody badań
- [9] International Electrotechnical Commission. IEC 60664-1 – Koordynacja izolacji urządzeń elektrycznych w układach niskiego napięcia – Część 1: Zasady, wymagania i badania: PN-EN 60664-1:2011
- [10] International Electrotechnical Commission. IEC 60364-1 – Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 1: Wymagania podstawowe, ustalanie ogólnych charakterystyk, definicje: PN-HD 60364-1:2010
- [11] International Electrotechnical Commission. IEC 60364-5-53 – Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych – Część 5: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego, Rozdział 53: Aparatura rozdzielcza i sterownicza: PN-HD 60364-5-53:2016
- [12] International Electrotechnical Commission. IEC 60364-4-43 – Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 4-43: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa – Ochrona przed prądem przetężeniowym: PN-HD 60364-4-43:2012
- [13] European Committee for Electrotechnical Standardization. CLC/TS 50539-12 – Urządzenia ograniczające przepięcia w instalacjach fotowoltaicznych – Dobór i zasady stosowania: VDE Verlag GmbH, 2013.
- [14] PHOENIX CONTACT GmbH & Co. KG. Ochrona przed przepięciami TRABTECH – Podręcznik dla projektantów instalacji elektrycznych. Wersja tylko niemiecka, 2015
- [15] International Electrotechnical Commission. IEC 61643-12 – Niskonapięciowe urządzenia ograniczające przepięcia – Dobór i zasady stosowania: PKN-CLC/TS 61643-12:2007
- [16] International Electrotechnical Commission. IEC 61643-22 – Urządzenia do ograniczania przepięć w sieciach telekomunikacyjnych i sygnalizacyjnych – Zasady doboru i stosowania: VDE Verlag GmbH, 2007.
- [17] International Electrotechnical Commission. IEC 60079-11 (VDE 0170-7) – Obszary potencjalnie zagrożone wybuchem – część 11: Ochrona urządzeń poprzez bezpieczeństwo samoistne „i” : PN-EN 60079-11:2012
- [18] International Electrotechnical Commission. IEC 61643-32 – Niskonapięciowe urządzenia ograniczające przepięcia – Wymagania i metody badań dla SPD instalacji fotowoltaicznych - Wybór i zastosowanie: VDE Verlag GmbH, 2015.



Zawsze aktualne i zawsze pod ręką – tutaj znajdziesz wszystkie informacje na temat naszych produktów, rozwiązań i usług serwisowych:
phoenixcontact.pl

Oferta

- Aparatura kontrolno-pomiarowa i automatyka
- Bezpieczeństwo funkcjonalne
- Bezprzewodowa komunikacja danych
- Elektroniczne urządzenia łączeniowe oraz moduły do zarządzania silnikiem
- Ethernet
- Industrial Cloud Computing
- Kable i przewody
- Komponenty i systemy magistrali obiektowej
- Materiały instalacyjno-montażowe
- Moduły przekaźnikowe
- Monitoring i sygnalizacja
- Narzędzia
- Obudowy do elektroniki na szynę DIN
- Ochrona przed przepięciami i filtry przeciwzakłóceń
- Okablowanie czujników/urządzeń wykonawczych
- Okablowanie systemowe do sterowników
- Oprogramowanie
- Oświetlenie przemysłowe
- Panele sterownicze HMI i komputery przemysłowe
- Przemysłowe złącza wtykowe
- Sterowniki
- Systemy I/O
- Systemy opisywania
- Technika komunikacji przemysłowej
- Terminale przyłączeniowe i złącza wtykowe do PCB
- Urządzenia zabezpieczające
- Zasilacze i UPS
- Złączki szynowe

PL PHOENIX CONTACT Sp. z o.o.
ul. Bierutowska 57-59
Budynek 3/A
51-317 Wrocław
tel.: +48713980410
email: phoenixcontact@phoenixcontact.pl
phoenixcontact.pl