

# OCHRONA PRZECIWPRIĘCIOWA W LINIACH TRANSMISJI DANYCH

**Andrzej W. SOWA**

*Politechnika Białostocka, Wydział Elektryczny*

Słowa kluczowe: zagrożenie przepięciowe, ograniczanie przepięć, kompatybilność elektromagnetyczna.

*Streszczenie. Urządzenia w rozbudowanych systemach informatycznych, teleinformatycznych oraz telekomunikacyjnych są szczególnie narażone na działanie przepięć występujących w liniach przesyłu sygnałów. Ochroną przed tego rodzaju zagrożeniem zapewniają odpowiednio dobrane i rozmieszczone urządzenia ograniczające przepięcia dochodzące do przyłączy sygnałowych urządzeń.*

## 1. WSTĘP

Cechą charakterystyczną współczesnych urządzeń elektrycznych i elektronicznych jest ich stosunkowo niewielka odporność na działanie napięć i prądów udarowych dochodzących do tych urządzeń z sieci zasilającej oraz z linii przesyłu sygnałów. Znaczną część uszkodzeń urządzeń i systemów powodują przepięcia wywołane przez wyładowania atmosferyczne. Obecnie szkody wywołane przez przepięcia atmosferyczne są wielokrotnie większe od zniszczeń powstających podczas bezpośrednich uderzeń piorunów w obiekty budowlane (pożary, uszkodzenia budynków, uszkodzenia instalacji itp.).

Przepięcia atmosferyczne są szczególnie groźne dla urządzeń pracujących w rozbudowanych systemach elektronicznych. W takich przypadkach nawet drobne uszkodzenie pojedynczego urządzenia unieruchamia najczęściej cały system. Powyższe fakty powodują gwałtowny wzrost zainteresowania problematyką ograniczania przepięć w systemach przesyłu sygnałów.

## 2. ODPORNOŚĆ UDAROWA PRZYŁĄCZY SYGNAŁOWYCH URZĄDZEŃ

Zadaniem układów ochrony przepięciowej jest ograniczenie napięć i prądów udarowych do poziomów niegroźnych dla urządzeń, leżących poniżej poziomów ich odporności udarowej.

W przypadku analizy zagrożeń stwarzanych przez przepięcia atmosferyczne i łączeniowe należy zwrócić uwagę na wymagania dotyczące poziomów odporności przyłączy sygnałowych urządzeń na działanie:

- jednokierunkowych (jednobiegunowych) udarów o mikrosekundowym charakterze zmian [6],

- niepowtarzalnych, tłumionych przebiegów sinusoidalnych [9],
- powtarzalnych szybkich elektrycznych zakłóceń impulsowych o nanosekundowym charakterze zmian (EFT/B-Electrical Fast Transient – Burst) [5],

Wyniki badań odporności urządzenia powinien przedstawić producent w formie dopuszczalnych poziomów zakłóceń dla danych urządzeń oraz wykazu norm, zgodnie z którymi prowadził badania. Zadaniem norm jest ustalenie podstawowych wymagań dotyczących:

- wartości poziomu umownego sygnału zakłócającego,
- kształtu sygnału oraz metod symulacji zakłóceń,
- warunków pracy urządzenia w czasie badań,
- kryteriów oceny poprawności pracy badanego urządzenia.

W normach zawarto również dane dotyczące otoczenia urządzenia oraz objawy i efekty występujące podczas badań.

Podstawowe informacje o wymaganych poziomach odporności udarowej przyłączy sygnałowych zestawiono w tabeli 1 .

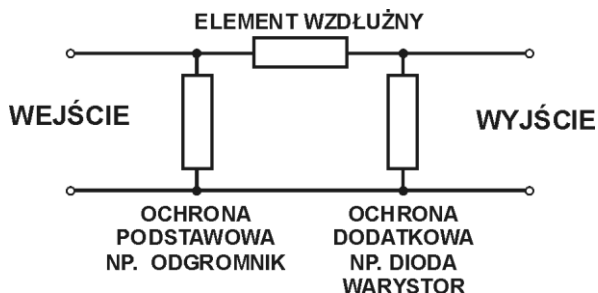
## 3. URZĄDZENIA OGRANICZAJĄCE PRZEPĘCIA

Typowe urządzenia ograniczające przepięcia SPD (Surge Protective Devices) składa się z pojedynczych elementów ograniczających przepięcia połączonych elementami wzdłużnymi, nazywanymi również elementami odsprzęgającymi (Rys. 1.).

Jako elementy wzdłużne mogą być stosowane są rezystancje, indukcyjności, pojemności lub filtry.

Tabela 1. Poziomy odporności na działanie udarów 5/50 ns i 1,2/50-8/20µs przyłączy sygnałowych urządzeń

Urządzenia	Poziomy odporności udarowej przyłączy sygnałowych urządzeń
Urządzenia powszechnego użytku, narzędzia elektryczne i podobne urządzenia elektryczne (PN - EN 55014-2)	Przyłącza przewodów sygnałowych i sterowania - badania na działanie udarów 5/50 ns o wartości szczytowej 500V
Urządzenia informacyjne i telekomunikacyjne (EN 55105/106)	Przyłącza sygnałowe, włączając porty telekomunikacyjne: <ul style="list-style-type: none"> <li>• udary 5/50 ns - ± 500V,</li> <li>• udary 1,2/50-8/20 - 1000 V</li> </ul>
Urządzenia w ośrodkach innych niż telekomunikacyjne (PN-EN 300.382-2)	Przyłącza dla linii sygnałowych prowadzonych na zewnątrz budynku: <ul style="list-style-type: none"> <li>• udary 5/50 ns - ± 500V,</li> <li>• udary 10/700 - 1000 V.</li> </ul> Przyłącza dla linii sygnałowych instalowanych w budynku: <ul style="list-style-type: none"> <li>• udary 5/50 ns - ± 500V,</li> <li>• udary 1,2/50-8/20 - 500 V.</li> </ul>
Urządzenia informacyjne (PN-EN 55024)	Przyłącza sygnałowe i przyłącza teletransmisyjne: <ul style="list-style-type: none"> <li>• udary 5/50 ns - ± 500V,</li> <li>• udary 1,2/50-8/20 - 1000 V.</li> </ul>
Urządzenia elektroniczne (NAMUR NE 21)	Linie sygnałowe, cyfrowe, pomiarowe oraz sterujące: <ul style="list-style-type: none"> <li>• udary 5/50 ns - ± 500V,</li> <li>• udary 1,2/50-8/20 - 1000V/500V</li> </ul>
Sprzęt pomiarowy, sterujący i laboratoryjny (PN-EN 61010-1)	Przyrządy pomiarowe, automatyki i urządzenia laboratoryjne: <ul style="list-style-type: none"> <li>• udary 5/50 - 1 000V poziom podwyższony (zastosowanie przemysłowe)</li> <li>• udary 5/50 - 1 000V</li> <li>• udary 1,2/50-8/20 - 1 000V</li> </ul>

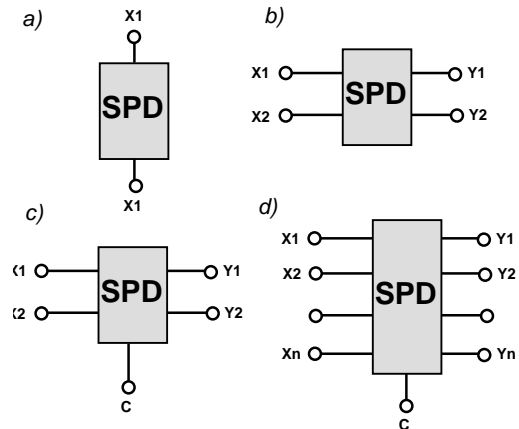


Rys. 1. Przykładowy układ połączeń urządzenia ograniczającego przepięcia

W zależności od układu połączeń elementów ograniczających przepięcia oraz od wymagań chronionego urządzenia można wyodrębnić następujące rozwiązania SPD:

- z jednym przyłączem (bramką), włączane równoległe do obwodu chronionego (rys. 2a),

- z dwoma parami przyłączy (pary wejściowa i wyjściowa) pomiędzy którymi włączona jest określana impedancja szeregową, włączane szeregowo do obwodu chronionego (rys.2b),
- z dwoma parami przyłączy (pary wejściowa i wyjściowa) oraz przyłącza do połączenia z lokalnym systemem wyrównywania potencjałów (rys.2c.),
- z dwoma kompletami przyłączy wejściowych i wyjściowych oraz przyłącza do połączenia z lokalnym systemem wyrównywania potencjałów (rys.2d).



Rys. 2. Ogólne schematy typowych urządzeń ograniczających przepięcia; a) z jednym przyłączem, b) z dwoma parami przyłączy, c) z dwoma parami przyłączy i przyłączem „uziemiającym”, d) z dwoma kompletami przyłączy i przyłączem „uziemiającym”

Dobór SPD w systemach przesyłu sygnałów wymaga:

- wstępnej oceny zagrożenia przepięciowego chronionego przyłącza (portu),
- wybrania takiego typu testu, który w sposób najbardziej zbliżony odwzorowuje występujące zagrożenie,
- zastosowanie takiego SPD, który badano zgodnie z wymaganiami wybranego testu.

### 3.1. Badania właściwości urządzeń ograniczających przepięcia

Zestawienie zakresu badań SPD w systemach przesyłu sygnałów zestawiono w tabeli 2. Doprowadzając napięcia i prądy udarowe do SPD możemy określić jego napięciowy poziom ochrony.

### 3.2. Zasady doboru SPD

Dobierając i odpowiednio rozmieszczając SPD ograniczające przepięcia dochodzące do przyłączy sygnałowych oraz niskonapięciowych obwodach zasilających należy uwzględnić:

- wielkości charakteryzujące znamionowe warunki pracy chronionego urządzenia,
- odporność chronionego urządzenia na udary dochodzące z linii przesyłu sygnałów,
- strefę zagrożenia, w której urządzenie będzie zainstalowane,

Tabela 2. Zakres badań różnych kategorii urządzeń ograniczających przepięcia [11]

Kategoria	Napięcie w obwodzie otwartym	Prąd płynący po zwarcu
C1	0,5 kV lub 1 kV 1,2/50	0,25 kA lub 0,5 kA 8/20
C2	2 kV, 4 kV lub 10 kV 1,2/50	1 kA, 2 kA lub 5 kA 8/20
C3	≥ 1 kV 1 kV/μs	10 A, 25 A lub 100 A 10/1 000
D1	≥ 1 kV	0,5kA, 1kA lub 2,5kA 10/350
D2	≥ 1 kV	1 kA, 2,5 kA 10/250

- typy i rozmieszczenie przewodów dochodzących do urządzenia,
- istniejące w systemie przesyłu sygnałów elementy i urządzenia ograniczające przepięcia,
- wymagany poziom niezawodności pracy.

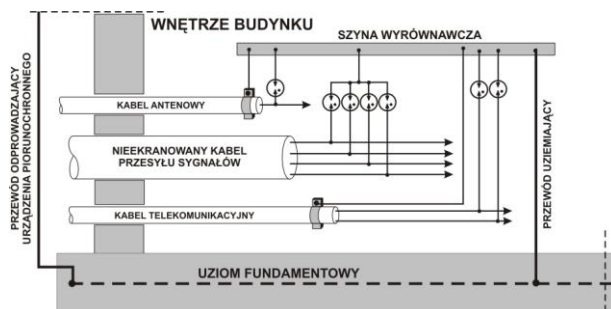
Ogólną zasadę postępowania przy doborze SPD w systemach przesyłu sygnałów przedstawiono w tabeli 3. W przypadku przesyłania informacji drogą radiową należy zapewnić również ochronę anteny przed bezpośrednim wyładowaniem piorunowym.

#### 4. WPROWADZANIE LINII PRZESYŁU SYGNAŁÓW DO OBIEKTU

Zapewnienie ochrony przed zagrożeniem piorunowym wymaga zwrócenia szczególnej uwagi na wyrównywanie potencjałów wszelkich linii przesyłu sygnałów wprowadzanych do obiektu budowlanego oraz ułożonych wewnątrz tego obiektu.

Do wyrównania potencjałów, które powinno być wykonane możliwie najbliżej punktów wejściowych instalacji do obiektu, należy wykorzystać przewody wyrównawcze lub urządzenia ograniczające przepięcia.

Optymalnym rozwiązaniem jest wprowadzanie wszelkich instalacji w jednym, wspólnym miejscu. Przykładowe rozwiązanie wprowadzania linii przesyłu sygnałów do obiektu budowlanego przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Połączenia przewodów z szyną wyrównywania potencjałów w miejscu ich wprowadzenia do obiektu

Jeżeli instalacji nie można wprowadzić do obiektu w jednym miejscu i wymagane jest zastosowanie kilku

szyn wyrównawczych, to powinny być one połączone możliwie najkrótszym przewodem do uziomu lub do metalowych elementów konstrukcji żelbetowej obiektu.

Tabela 3. Etapy postępowania przy doborze układu ograniczającego przepięcia w systemach przesyłu sygnałów

Zakres działań
Określenie odporności portów sygnałowych urządzeń na działanie uderów dochodzących z linii przesyłu sygnałów.
Określenie podstawowych danych charakteryzujących znamionowe warunki pracy urządzenia.
Określenie stopnia zagrożenia udarowego urządzenia.
Wstępny określenie właściwości urządzeń ochrony przepięciowej.
Określenia liczby stopni ochronnych w torze przesyłu sygnałów.
Określenie maksymalnych dopuszczalnych napięć sygnałów roboczych $U_{NS}$ i wybór układu ochrony przepięciowej o trwałym napięciu pracy $U_C$ spełniającym warunek
$U_C \geq U_{NS}$
Określenie sposobu przesyłu sygnałów (napięcie znamionowe niesymetryczne w układzie przewód - przewód lub napięcie znamionowe symetryczne w układzie przewód - „ziemia”) i dobranie odpowiedniego układu ochronnego.
Określenie maksymalnego prądu roboczego występującego w systemie przesyłu sygnałów $I_{NS}$ i wybór układu ochrony przepięciowej o prądzie znamionowym $I_{NO}$ spełniającym warunek
$I_{NO} \geq I_{NS}$
Określenie znamionowej częstotliwości sygnałów $f_{NS}$ w analizowanym systemie i porównanie z częstotliwością znamionową $f_{NOGR}$ lub graniczną $f_{GRAN}$ ogranicznika. Układ powinien spełniać warunek
$f_{NS} \geq f_{NOGR} \quad , \quad f_{NS} \geq f_{GRAN}$
Wybór układu posiadającego dodatkowe impedancje odprzegające w przypadku ochrony urządzenia, w którym wejścia sygnałowe posiadają własne elementy ochronne (np. fabrycznie zamontowane warystory lub diody).
Porównanie wartości elementów odsprzegających zastosowanych w układzie ogranicznika z wartościami dopuszczalnymi w danej linii przesyłu sygnałów.
Wybór sposobu montażu i „uziemiań” ogranicznika przepięć
Ocena poprawności połączeń ograniczników przepięć w torze sygnałowym i w instalacji elektrycznej.

Zalecanym rozwiązaniem jest wzajemne połączenie szyn przewodem ułożonym wewnątrz (ale zawsze po ścianach zewnętrznych) lub na zewnątrz obiektu (np. otoku) który jest połączony z uziomem, przewodami odprowadzającymi instalacji odgromowej lub elementami konstrukcji żelbetowej.

Tworząc układ wyrównywania potencjałów należy zwrócić szczególną uwagę na kable przychodzące z

obiektów szczególnie zagrożonych przez wyładowania atmosferyczne

Dotyczy to szczególnie kabli antenowych przychodzących do urządzeń z dachów obiektów budowlanych.

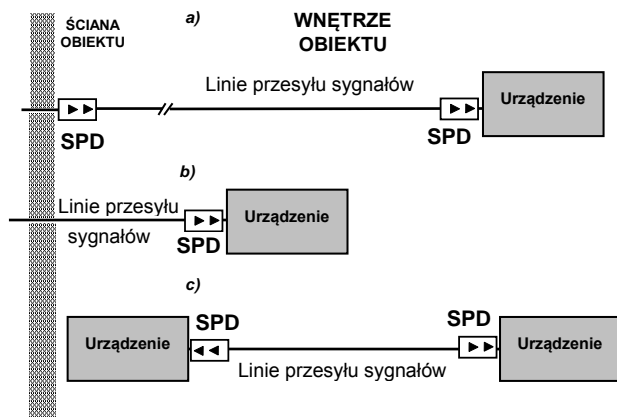
## 5. OGRANICZANIE PRZEPIĘĆ W LINIACH PRZESYŁU SYGNAŁÓW

Przebiecia są szczególnie groźne dla urządzeń pracujących w rozległych systemach. Największe zagrożenie występuje, jeśli do urządzenia dochodzą linie przesyłu sygnałów wychodzące poza obiekt. W takim przypadku, jeśli linie nie są układane w specjalnych kanałach, należy dobierając SPD uwzględnić zagrożenie stwarzane przez bezpośrednie oddziaływanie części prądu piorunowego na przyłącza sygnałowe. W zależności od miejsca pracy urządzenia można zastosować:

- układ dwu SPD (rys. 4a), z których jeden umieszczany jest w miejscu wprowadzania przewodów (ochrona przed prądami udarowymi 10/350 i wartości szczytowej 2,5- 5 kA), a drugi montowany jest przed chronionym urządzeniem (ochrona przed prądami udarowymi 10 kA,8/20),
- pojedynczy SPD (rys. 4b) chroniący przed prądami udarowymi 10/350 i wartości szczytowej 2,5-5 kA.

Pierwsze rozwiązanie stosujemy do ochrony urządzeń pracujących wewnątrz obiektu w znacznej odległości od miejsca wprowadzania przewodów.

W drugim przypadku sterownik znajduje się w sąsiedztwie miejsca, w którym przewody wchodzi do obiektu.



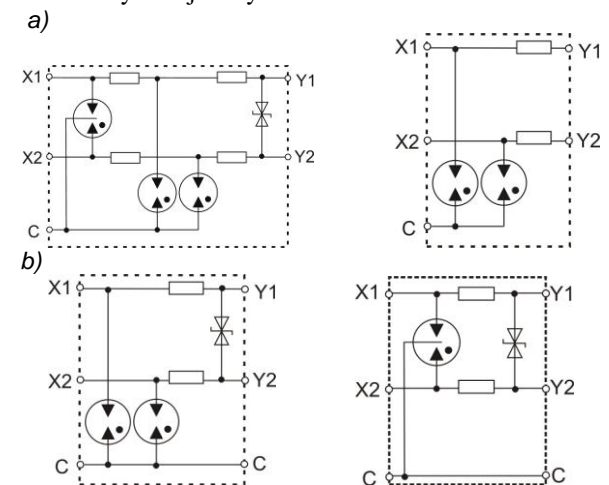
Rys. 4. Przykładowe rozwiązania ograniczenia przepięć dochodzących do urządzeń;  
 a) system "rozłożony" dwu ograniczników,  
 b) „skupiony” system jednego ogranicznika,  
 c) ograniczanie przepięć wewnątrz obiektu

Należy również przeanalizować potrzebę ograniczenia przepięć dochodzących z linii ułożonych wewnątrz obiektu budowlanego.

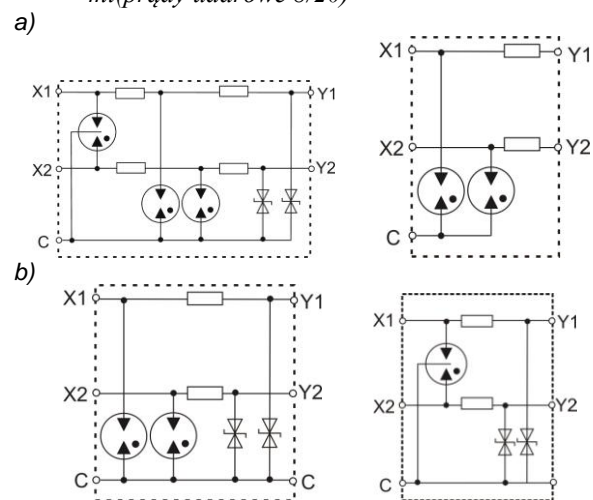
Typowe schematy SPD w liniach przesyłu sygnałów przedstawiono na rys. 5.

Jeśli nie posiadamy dokładnych informacji o odporności udarowej przyłączy sygnałowych sterownika można zastosować SPD, które zapewniają obniżanie przepięć do poziomów poniżej 500V zarówno w układzie symetrycznym jak i niesymetrycznym (rys. 6).

Dobierając SPD do ochrony wejść/wyjść przesyłu danych należy uwzględnić parametry przesyłanego sygnału oraz wymagania określające wartości dopuszczalne rezystancji w systemie.



Rys. 5. Schematy SPD przeznaczonych do ograniczenia przepięć w pętli prądowej; a) ochrona przed prądem udarowym 10/350, b) ochrona przed przepięciami atmosferycznymi indukowanymi (prądy udarowe 8/20)



Rys. 6. Schematy SPD w pętli prądowej przeznaczone od ograniczenia przepięć dochodzących do przyłączy sygnałowych o odporności udarowej poniżej 500V; a) ochrona przed działaniem prądu udarowego 10/350, b) ochrona przed przepięciami atmosferycznymi.

W instalacji elektrycznej zasilające urządzenia elektroniczne powinny być zastosowany wielostopniowy system ograniczania przepięć.

Jeżeli spodziewamy się występowania w instalacji elektrycznej zakłócających sygnałów wysokoczęstotliwościowych lub zaobserwujemy częste błędne działanie urządzeń już zainstalowanych to należy zastosować dodatkowo przed sterownikiem filtry tłumiące te sygnały. Filtr może być instalowane wspólnie z ogranicznikami typu 2 lub 3 (często są nawet w jednej obudowie).

W kompleksowy systemie ochrony przeciwprzepięciowej należy również wyeliminować możliwości powstania przepięć pomiędzy poszczególnymi systemami

(np. instalacją elektryczną a różnorodnymi systemami przesyłu sygnałów). Ochroną przed tego rodzaju zagrożeniem jest tworzenie lokalnych systemów wyrównywania potencjałów.

## 6. PODSUMOWANIE

Dobierając w instalacji elektrycznej SPD oraz chroniące przed oddziaływaniem części prądu piorunowego należy postępować zgodnie z wymaganiami zawartymi normami i zaleceniami. W przypadku zasilania systemów elektronicznych wymagane jest najczęściej zastosowanie wielostopniowego układu SPD różnych typów.

W przypadku ochrony przed przepięciami występującymi w obwodach przesyłu sygnałów sytuacja jest bardziej skomplikowana. W istniejących obecnie zaleceniach lub normach przedstawiane są tylko podstawowe informacje dotyczące właściwości ochronnych poszczególnych elementów oraz układów.

Zasady doboru elementów i układów ich rozmieszczenia oraz tworzenie rozbudowanych systemów ochronnych nie są dokładnie określone. Próbę ich określenia i opracowania podstawowych wymagań dotyczących urządzeń ograniczających przepięcia przedstawiono w niniejszej publikacji.

Należy zaznaczyć, że rozwiązaniem problemów ograniczania przepięć w rozbudowanych systemach elektronicznych powinny zajmować się firmy specjalizujące się w zakresie ochrony odgromowej i przepięciowej, ściśle współpracując z użytkownikami systemów, które mają być chronione.

## BIBLIOGRAFIA

1. ITU-T Recommendation K.11. (10/93) Principles of protection against overvoltages and overcurrents
2. ITU-T Recommendation K.12 (02/2006), Characteristics of gas discharge tubes (GDT) for the protection of telecommunications installations.
3. PN-IEC 61024-1-2:2002, Ochrona odgromowa obiektów budowlanych. Zasady ogólne. Przewodnik B – Projektowanie, montaż, konserwacja i sprawdzanie urządzeń piorunochronnych.
4. PN-EN 50082-1:1996, Kompatybilność elektromagnetyczna. Wymagania ogólne dotyczące odporności na zakłócenia. Środowisko mieszkalne, handlowe i lekko przemysłowe.
5. PN-EN 61000-4-4:1998, Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Metody badań i pomiarów. Badania odporności na serie szybkich zakłóceń impulsowych (oraz poprawki PN-EN 61000-4-4: 1999/A1: 2003, PN-EN 61000-4-4: 1999/A2: 2003).
6. PN-EN 61000-4-5:1998, Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Metody badań i pomiarów. Badania odporności na udary (oraz poprawka PN-EN 61000-4-5: 1998/A1: 2003).
7. PN-EN 61000-4-12:1999, Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Metody badań i pomiarów. Badania odporności na przebiegi oscylacyjne. Podstawowa publikacja EMC.
8. PN-IEC 61312-1:2001, Ochrona przed piorunowym impulsem elektromagnetycznym. Zasady ogólne.
9. PN-EN 61000-4-12:1999, Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Metody badań i pomiarów. Badania odporności na przebiegi oscylacyjne. Podstawowa publikacja EMC.
10. PN-EN 61643-311:2002 (U), Elementy do niskonapięciowych urządzeń ograniczających przepięcia – Część 311: Wymagania dla iskierników gazowych (GDT).
11. EN 61643-21:2004, Niskonapięciowe urządzenia ograniczające przepięcia. Część 21: Urządzenia do ograniczania przepięć w sieciach telekomunikacyjnych i sygnalizacyjnych. Wymagania eksploatacyjne i metody badań.
12. PN-T-83020:1996, Ochronnik telefoniczny abonencki. Ogólne wymagania i badania.