

OGRANICZANIE PRZEPIĘĆ W SYSTEMACH PRZESYŁU SYGNAŁÓW



Podstawowe właściwości urządzeń ograniczających przepięcia w sieciach sygnałowych

Andrzej Sowa

1. Wstęp

Zapewnienie poprawnego i bezawaryjnego działania urządzeń elektrycznych i elektronicznych wymaga zastosowania odpowiednio dobranych i rozmieszczonych elementów lub układów ograniczających przepięcia. W rozbudowanych systemach elektrycznych lub elektronicznych przepięcia należy ograniczać zarówno w instalacji elektrycznej, jak i w liniach przesyłu sygnałów.

W przypadku tworzenia systemu ograniczania przepięć w instalacji elektrycznej należy postępować zgodnie z wymaganiami norm:

- ochrony odgromowej obiektów budowlanych,
- dotyczących instalacji elektrycznej w obiektach budowlanych,
- określających wymagania eksploatacyjne i metodykę badań urządzeń do ograniczania przepięć.

Znacznie mniej norm i zaleceń określa wymagania, jakie powinny spełniać urządzenia do ograniczania przepięć SPD (ang. Surge Protective Device) w systemach przesyłu sygnałów.

Ogólne zalecenia znajdują się w normach ochrony odgromowej obiektów budowlanych oraz w normach dotyczących urządzeń ograniczających przepięcia. W dalszej części artykułu przedstawione zostaną wymagania dotyczące właściwości udarowych urządzeń ograniczających przepięcia w sieciach telekomunikacyjnych oraz w systemach przesyłu sygnałów.

2. Elementy ograniczające przepięcia

Do ograniczania przepięć dochodzących do portów sygnałowych stosowane są zarówno pojedyncze elementy ochronne jak i układy zawierające kilka odpowiednio połączonych elementów.

Elementy ograniczające przepięcia charakteryzuje możliwość zmiany impedancji własnej w zakresie, od bardzo dużych wartości podczas normalnej pracy chronionego urządzenia do wartości bardzo małych w chwili wystąpienia przepięcia. Po zaniku przepięcia impedancja ponownie narasta do dużych wartości. Wśród podstawowych elementów ograniczających przepięcia należy wymienić odgromniki gazowane, warystory i diody zabezpieczające [3, 7, 14, 15, 16, 17, 19].

2.1. Odgromniki gazowane

Typowy odgromnik gazowany składa się z dwóch elektrod umieszczonych w niewielkiej odległości od siebie w obudowie cylindrycznej z materiału izolacyjnego (szkło lub materiał ceramiczny). Elektrody mogą być pokryte materiałem przyspieszającym emisję elektronów.

Wnętrze hermetycznej obudowy wypełnione jest najczęściej gazem szlachetnym. Obie elektrody są jednakowe, co zapewnia bipolarność ogranicznika i powtarzalność parametrów elektrycznych. Do ochrony linii symetrycznych stosowane są również odgromniki trójelektrodowe. W znamionowych warunkach pracy odgromniki gazowane przedstawiają sobą bardzo dużą rezystancję ($10^6 - 10^{12} \Omega$). Przychodzące przepięcie powoduje wzrost napięcia między elektrodami aż do wystąpienia przełamania, który przechodzi początkowo w wyładowanie jarzeniowe a następnie w wyładowanie łukowe.

A. Sowa Podstawowe właściwości urządzeń ograniczających przepięcia w sieciach sygnałowych

kowe. Podczas wyładowania łukowego spadek napięcia na przerwie iskrowej wynosi najczęściej od kilkunastu do kilkudziesięciu woltów.

2.2. Warystory

Warystory posiadają silnie nieliniową, zwykle symetryczną, charakterystykę prądowo-napięciową i wykazują bardzo duże zmiany rezystancji przy względnie małych zmianach napięcia.

Główną zaletą warystorów jest ochrona przed prądami udarowymi o dużych wartościach szczytowych.

Podstawowe wady to wysokie napięcie przełączania dla szybko narastających stanów nieustalonych oraz duża pojemność – od setek do kilku tysięcy pikofaradów, która uniemożliwia ich stosowanie w systemach wysokoczęstotliwościowych.

2.3. Półprzewodnikowe diody zabezpieczające

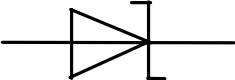
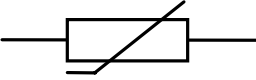
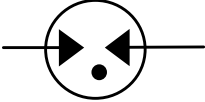
Do ograniczania przepięć w liniach przesyłu sygnałów najczęściej stosowane są specjalistyczne diody, tzw. tłumieniki krzemowe (ang. silicon suppressor), które w dalszej części będą nazywane diodami zabezpieczającymi.

Diody zabezpieczające produkowane są jako jednokierunkowe o nieliniowej charakterystyce napięciowo-prądowej lub dwukierunkowe odpowiadające połączeniu szeregowemu i przeciwsobnemu dwu diod zabezpieczających. Głównymi ich zaletami są:

- bardzo krótki czas reakcji (teoretycznie 10^{-12} s),
- zdolność pochłaniania udarów o dużych energiach,
- bardzo mała rezystancji diody po jej zadziałaniu.

Podstawowe parametry charakteryzujące właściwości poszczególnych elementów ograniczających przepięcia zestawiono w tabelicy 1.

Tabela 1. Zestawienie podstawowych parametrów charakteryzujących elementy zabezpieczające

Parametr	Dioda zabezpieczająca	Warystor	Odgromnik
Oznaczenie graficzne			
Charakterystyka U/I	asymetryczna	symetryczna	symetryczna
Poziom ochrony	6V - 190 V	20V - 2000V	65V- 12 000V
Prąd udarowy (8/20)	do 1 kA	do 25 kA	do 60 kA
Pochłaniana energia	do 1 J	do 1800 J	do 60 J
Obciążenie stałe	do 1 W	do 2 W	800 W (1s.)
Czas odpowiedzi	< 10 ps	< 25 ns	zależy do du/dt
Pojemność	300pF - 15 000pF	40pF - 40 000pF	0,5pF - 7 pF
Dopuszczalne zmiany zakresu ochronnego	± 5%, ± 10%	± 10 %	± 15 %
Prąd upływu	< 5uA	< 0,2 mA	< 15 nA
Zakres roboczych temperatur	-65°C - + 175°C	-40°C - + 125°C	-55°C - + 130°C

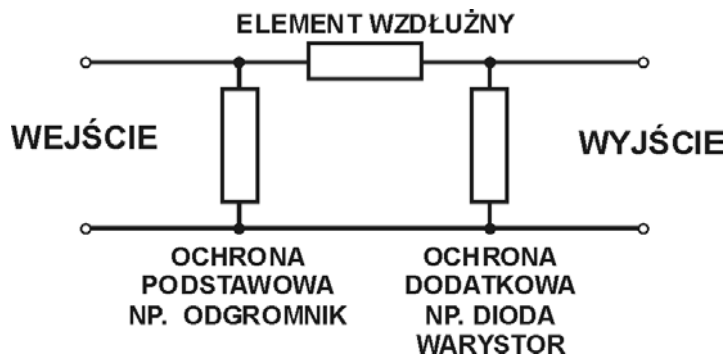
3. Układy ograniczające przepięcia

Układy ograniczające przepięcia stosujemy w przypadkach, gdy oddzielne użycie pojedynczych elementów nie zapewnia:

- ochrony przed udarami występującymi w chronionym obwodzie,
- ograniczania przepięć do wymaganych poziomów.

A. Sowa Podstawowe właściwości urządzeń ograniczających przepięcia w sieciach sygnałowych

Łączenie elementów ochronnych w układy umożliwia zsumowanie ich ochronnych zalet i wyeliminowanie niepożądanych efektów związanych z ich oddzielnym zastosowaniem. Typowy układ składa się z pojedynczych elementów ograniczających przepięcia połączonych elementami wzdłużnymi, nazywanymi również elementami odsprzęgającymi. (rys. 1).



Rys. 1. Przykład układu ograniczającego przepięcia

Jako elementy wzdłużne najczęściej stosowane są rezystory lub cewki.

4. Ochronniki w sieciach telekomunikacyjnych

W wydanych przed rokiem 1997 normach dotyczących systemów telekomunikacyjnych, urządzenia do ograniczania przepięć nazywano ochronnikami jedno- lub wielostopniowymi [19, 20] i w dalszej części artykułu, w odniesieniu do systemów telekomunikacyjnych, będzie używana taka nazwa. Zgodnie z wymaganiami zawartymi w powyższych normach, do podstawowych parametrów charakteryzujących właściwości elektryczne ochronników należy zaliczyć:

- statyczne napięcie zadziałania przy szybkości narastania napięcia 100 V/s,
- udarowe napięcie zapłonu przy szybkości narastania napięcia 1 kV/ μ s,
- wytrzymałość na działanie prądów udarowych o kształcie 8/20,
- wytrzymałość na napięcia udarowe o kształcie 10/700,
- tłumienności przejścia,
- wytrzymałość na obciążenia prądem przemiennym o częstotliwości 50 Hz.

W tabelicy 2 zestawiono podstawowe wymagania [19], jakie powinny spełniać ochronniki przeznaczone do ochrony różnego rodzaju urządzeń telekomunikacyjnych.

Tablica 2. Właściwości ochronników ograniczających przepięcia w liniach telekomunikacyjnych [20].

Parametr	Ochronnik przełącznicowy ¹⁾	Ochronnik przełącznikowy ²⁾	Ochronnik liniowy	Ochronnik Abonencki ³⁾
Typ ogranicznika	Jednostopniowy	Wielostopniowy	Jednostopniowy	Jednostopniowy / wielostopniowy
Wytrzymałość na udary prądowe	5 kA (8/20)	5 kA (8/20)	10 kA (8/20)	10 kA (8/20)
Udarowe napięcie zapłonu	Poniżej 800 V	Poniżej 450 V	-	Poniżej 800V/500V
Rezystancja izolacji	10 GΩ	1 GΩ	10 GΩ	10 GΩ / 1 GΩ

¹⁾ - stosowany w sieciach miejscowych bez linii napowietrznych,

²⁾ - stosowany do ochrony central elektronicznych nie posiadających na wejściu kart abonenckich prawidłowych zabezpieczeń przed przepięciami,

³⁾ - stosowany w przypadku doprowadzenia łącza abonenckiego linią napowietrzną, kablem nadziemnym lub kablem zakopany ułożonym w terenie otwartym o dużej aktywności burzowej.

A. Sowa Podstawowe właściwości urządzeń ograniczających przepięcia w sieciach sygnałowych

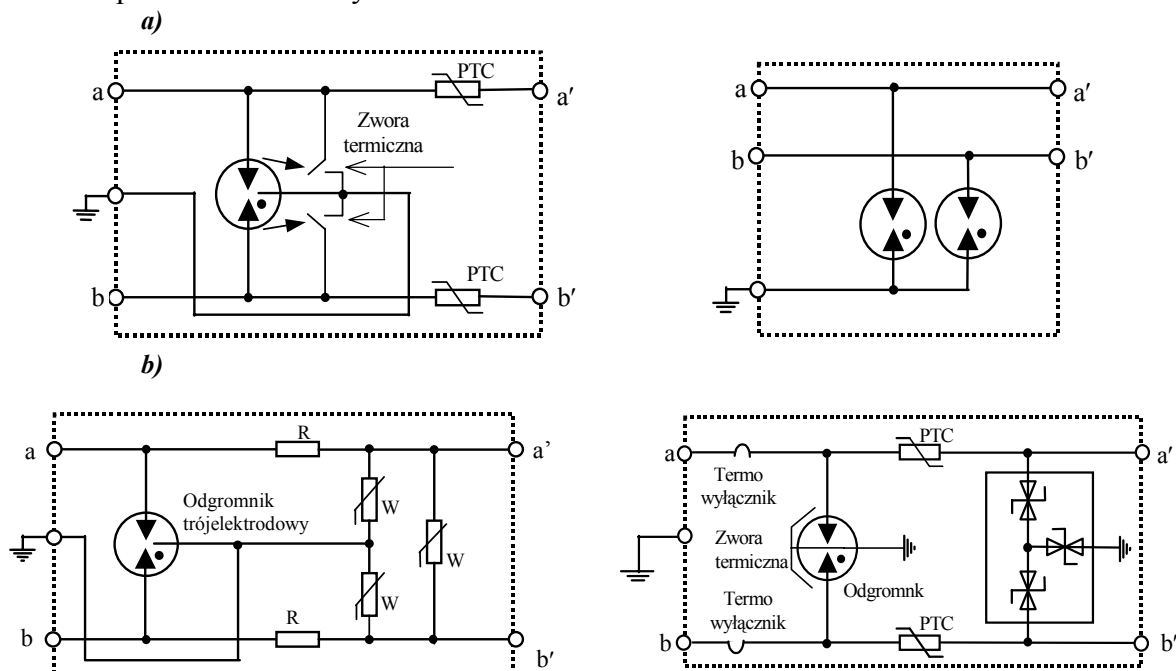
W przypadku ograniczania przepięć w liniach telekomunikacyjnych dochodzących do urządzeń abonenckich ochronniki powinny być również spełnione wymagania zawarte w normie dotyczącej ochronników abonenckich [19].

W przedstawionych normach [19, 20] występują drobne różnice. Uwzględniając ten fakt, w tablicy 3 zestawiono dodatkowo podstawowe wymagania określone w normie o ochronnikach abonenckich [19].

Tablica 3. Właściwości abonenckich ochronników telekomunikacyjnych [19]

Typ ochronnika	Ochronniki jednostopniowe	Ochronniki wielostopniowe
Właściwości	zawierają odgromnik trójelektrodowy lub dwa odgromniki dwuelektrodowe oraz zabezpieczenie prądowe	zawierają odgromnik trójelektrodowy lub dwa dwuelektrodowe oraz dodatkowe elementy zmniejszające dynamiczne napięcie zapłonu
Udarowe napięcie zapłonu	900 V	500 V
Wytrzymałość na udary prądowe	bez uszkodzeń udary o wartości szczytowej co najmniej 10 kA i kształcie 8/20 μ s	
Wytrzymałość na udary napięciowe	bez uszkodzeń udary o wartości szczytowej 5 kV i kształcie 10/700 μ s	
Statyczne napięcie zadziałania	mierzone prądem stałym o szybkości narastania 100 V/s powinno wynosić 230 V \pm 15%	
Wytrzymałość na obciążenia prądem przemiennym	powinien wytrzymać bez uszkodzeń impulsy prądu przemiennego o częstotliwości 50 Hz, amplitudzie 10 A i czasie trwania 15 minut	

Przykładowe rozwiązania ochronników jedno i dwu- stopniowych stosowanych do ochrony urządzeń abonenckich przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Przykładowe schematy ochronników ograniczających przepięcia dochodzące do analogowych urządzeń abonenckich: a) ochronniki jednostopniowe, b) ochronnik dwustopniowe

4. Urządzenia ograniczające przepięcia w liniach sygnałowych

W liniach sygnałowych stosowanych poza telekomunikacją, dobierając właściwości urządzeń ograniczających przepięcia należy uwzględnić:

- długości linii sygnałowych,
- sposób układania linii sygnałowych wewnątrz i na zewnątrz obiektu,

A. Sowa Podstawowe właściwości urządzeń ograniczających przepięcia w sieciach sygnałowych

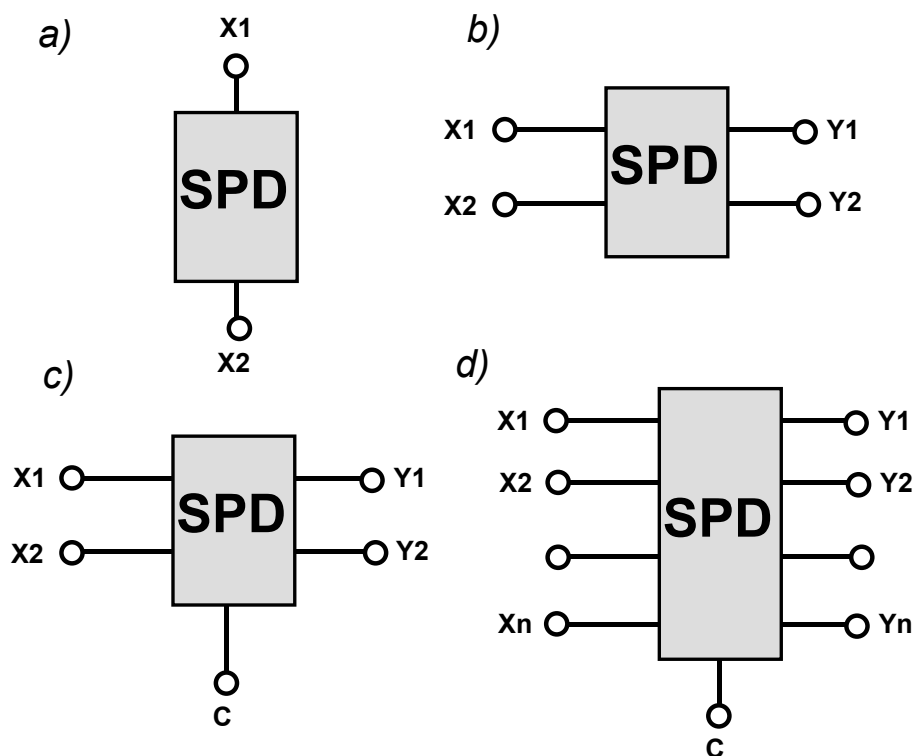
- charakter środowiska, w jakim linie są ułożone (np. środowisko mieszkalne, biurowe, przemysłowe),

W zależności od występującego zagrożenia oraz sposobu przesyłu sygnałów należy zastosować urządzenia do ograniczania przepięć, które:

- posiadają odpowiednio dobrany układ połączeń elementów ograniczających przepięcia,
- badano udarami probierczymi o wartościach szczytowych i kształtach najbardziej zbliżonych do występujących w rzeczywistości,
- spełniają wymagania wynikające z poziomów odporności udarowej portów.

Wśród typowych urządzeń do ograniczania przepięć można wyodrębnić następujące rozwiązania (rys. 3.):

- z jednym przyłączem (bramką), układ jest włączane równolegle do obwodu chronionego (rys. 3.a),
- z dwoma parami przyłączy (pary wejściowa i wyjściowa) pomiędzy którymi włączona jest określana impedancja szeregową, układ jest włączane szeregowo do obwodu chronionego (rys. 3b),
- z dwoma parami przyłączy (pary wejściowa i wyjściowa) oraz przyłącza do połączenia z lokalnym systemem wyrównywania potencjałów (rys. 3c.),
- z dwoma kompletami przyłączy wejściowych i wyjściowych oraz przyłącza do połączenia z lokalnym systemem wyrównywania potencjałów (rys. 3.d).

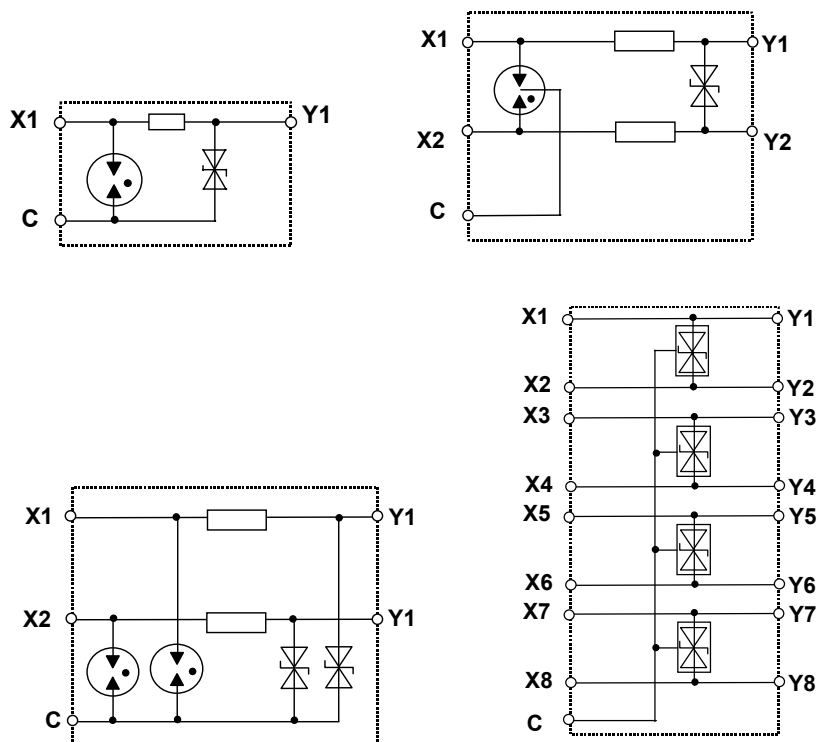


Rys. 2. Ogólne schematy typowych urządzeń do ograniczania przepięć:

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”

Przykładowe układy połączeń elementów ograniczających przepięcia w typowych rozwiązaniach urządzeń do ograniczania przepięć przedstawiono na rys. 4.

W zależności od kształtu i wartości szczytowej, udary testujące urządzenia do ograniczania przepięć podzielono na cztery podstawowe kategorie A, B, C i D. Zestawienie zakresu badań w poszczególnych kategoriach zestawiono w tabelicy 4.



Rys. 4. Przykładowe schematy różnorodnych urządzeń do ograniczania przepięć

Tablica 4. Badania prowadzone w poszczególnych kategoriach [8]

Kategoria	Typ testu	Napięcie w obwodzie otwartym	Prąd płynący po zwarceniu
A1	Bardzo wolno narastający	$\geq 1 \text{ kV}$ Szybkość narastania od $0,1 \text{ kV/s}$ do 100 kV/s	$0,1 \text{ A}/\mu\text{s}$ do $2 \text{ A}/\mu\text{s}$ $\geq 1000 \mu\text{s}$ (czas trwania)
A2	AC	Wybór z wartości od $0,1 \text{ A}$ do 20 A	
B1	Wolno narastający	1 kV $10/1000$	100 A $10/1000$
B2		1 kV lub 4 kV $10/1000$	25 A lub 100 A $5/300$
B3		$\geq 1 \text{ kV}$ $100 \text{ V}/\mu\text{s}$	10 A , 25 A lub 100 A $10/1000$
C1	Szybko narastający	$0,5 \text{ kV}$ lub 1 kV $1,2/50$	$0,25 \text{ kA}$ lub $0,5 \text{ kA}$ $8/20$
C2		2 kV , 4 kV lub 10 kV $1,2/50$	1 kA , 2 kA lub 5 kA $8/20$
C3		$\geq 1 \text{ kV}$ $1 \text{ kV}/\mu\text{s}$	10 A , 25 A lub 100 A $10/1000$
D1	Dużej energii	$\geq 1 \text{ kV}$	$10/350$
D2		$\geq 1 \text{ kV}$ $0,5 \text{ kA}$, 1 kA lub $2,5 \text{ kA}$	1 kA , $2,5 \text{ kA}$ $10/350$

A. Sowa Podstawowe właściwości urządzeń ograniczających przepięcia w sieciach sygnałowych

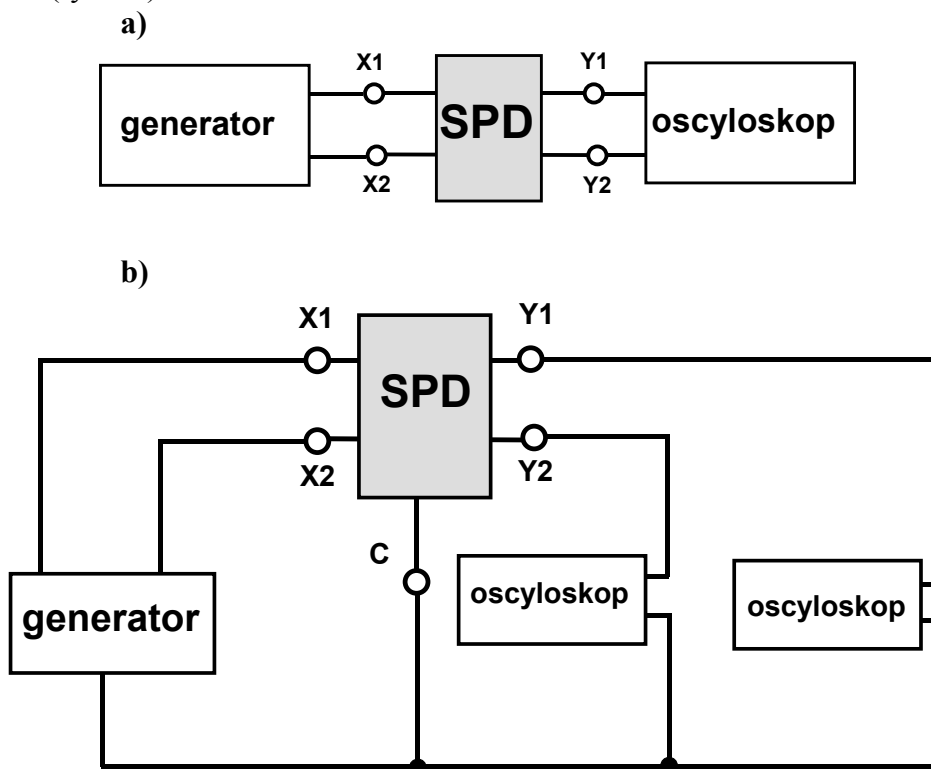
Z przestawionego zestawu testów, do badania urządzeń wykorzystywanych jest najczęściej tylko kilka podstawowych udarów, często o określonych parametrach.

Przykładowa w tabelicy 5 zestawiono wartości szczytowe i kształty preferowanych prądów udarowych.

Tablica 5. Preferowane wartości udarów testujących [8]

Napięcie w obwodzie otwartym	Prąd płynący po zwarcie
1 kV	100 A, 10/1000
1,5 kV, 10/700	37,5 A, 5/350
Do zadziałania urządzenia	25 A, 10/1000
4 kV, 1,2/50	2 kA, 8/20

Doprowadzając napięcia i prądy udarowe do urządzenia ograniczające przepięcia możemy określić jego napięciowy poziom ochrony. Badane są zarówno napięciowe poziomy ochrony pomiędzy poszczególnymi przewodami (rys. 5a), jak pomiędzy przewodami a lokalnym punktem wyrównywania potencjałów (rys. 5b).



Rys. 5. Schematy do badań napięciowych poziomów ochrony; a) napięcie symetryczne, b) napięcie niesymetryczne

Stosowanie przestawionych wymagań umożliwiło ujednoczenie ochrony przed przepięciami w sieciach telekomunikacyjnych.

Dobór urządzeń ograniczających przepięcia w innego rodzaju liniach przesyłu sygnałów jest mniej sformalizowany i często wymaga dokładnego przeanalizowania występującego zagrożenia oraz posiadania podstawowych informacji o chronionym systemie.

5. Literatura

1. Sowa A.: Analiza zagrożenia piorunowego urządzeń elektronicznych. Białystok 1990.

A. Sowa Podstawowe właściwości urządzeń ograniczających przepięcia w sieciach sygnałowych

2. **ITU-T Recommendation K.11.** Protection against interference. Principles of protection against overvoltages and overcurrents.
3. **ITU-T Recommendation K.12.** Protection against interference. Characteristics of gas tubes for the protection of telecommunication installations.
4. **ITU-T Recommendation K.17.** Tests on power-fed repeaters using solid-state devices in order to check the arrangements for protection from external interference.
5. **ITU-T Recommendation K.22.** Protection against interference. Overvoltages resistibility of equipment connection to an ISDN T/S BUS.
6. **PN-86/E-05003/01,** Ochrona odgromowa obiektów budowlanych. Wymagania ogólne.
7. **PN-EN 150015:2002 (U),** Jednokierunkowe diody lawinowe zabezpieczające przed krótkotrwałymi przepięciami. Ramowa norma szczegółowa.
8. **PN-EN 61643-21:2002,** Niskonapięciowe urządzenia ograniczające przepięcia- Część 21: Urządzenia ograniczające przepięcia w sieciach telekomunikacyjnych i sygnalizacyjnych. Wymagania eksploatacyjne i metody badań.
9. **PN-IEC 61024-1:2001,** Ochrona odgromowa obiektów budowlanych. Zasady ogólne
10. **PN-IEC 61024-1-2,** Ochrona odgromowa obiektów budowlanych. Zasady ogólne. Przewodnik B - Projektowanie, montaż, konserwacja i sprawdzanie urządzeń piorunochronnych.
11. **PN-IEC 61312-1:2001,** Ochrona przed piorunowym impulsem elektromagnetycznym. Zasady ogólne.
12. **PN-IEC 60364-5-534:2003,** Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Urządzenia do ochrony przed przepięciami
13. **PN IEC 61643-1,** Urządzenia ograniczające napięcia dołączone do sieci rozdzielczych niskiego napięcia. Wymagania techniczne i metody badań.
14. **PN-EN 61643-311:2002 (U),** Elementy do niskonapięciowych urządzeń ograniczających przepięcia. Część 311: Wymagania dla iskierników gazowych (GDT).
15. **PN-EN 61643-321:2003 (U),** Elementy do niskonapięciowych urządzeń ograniczających przepięcia. Część 321: Wymagania dla diod lawinowych (ABD).
16. **PN-EN 61643-331:2004 (U),** Elementy do niskonapięciowych urządzeń ograniczających przepięcia. Część 331: Specyfikacja dla warystorów z tlenków metali (MOV).
17. **PN-EN 61643-341:2003 (U),** Elementy do niskonapięciowych urządzeń ograniczających przepięcia. Część 341: Wymagania dla ograniczników tyrystorowych
18. **PN-EN 61663-2:2002 (U),** Ochrona odgromowa. Linie telekomunikacyjne. Część 2: Linie wykonywane przewodami metalowymi
19. **PN-T-83020:1996,** Ochronnik telefoniczny abonencki. Ogólne wymagania i badania.
20. **ZN-96. TP S.A.-036,** Telekomunikacyjne sieci miejscowe urządzenia do ochrony ludzi i urządzeń przed przepięciami i przetężeniami (ochronniki).