

OGRANICZANIE PRZEPIĘĆ W SYSTEMACH PRZESYŁU SYGNAŁÓW

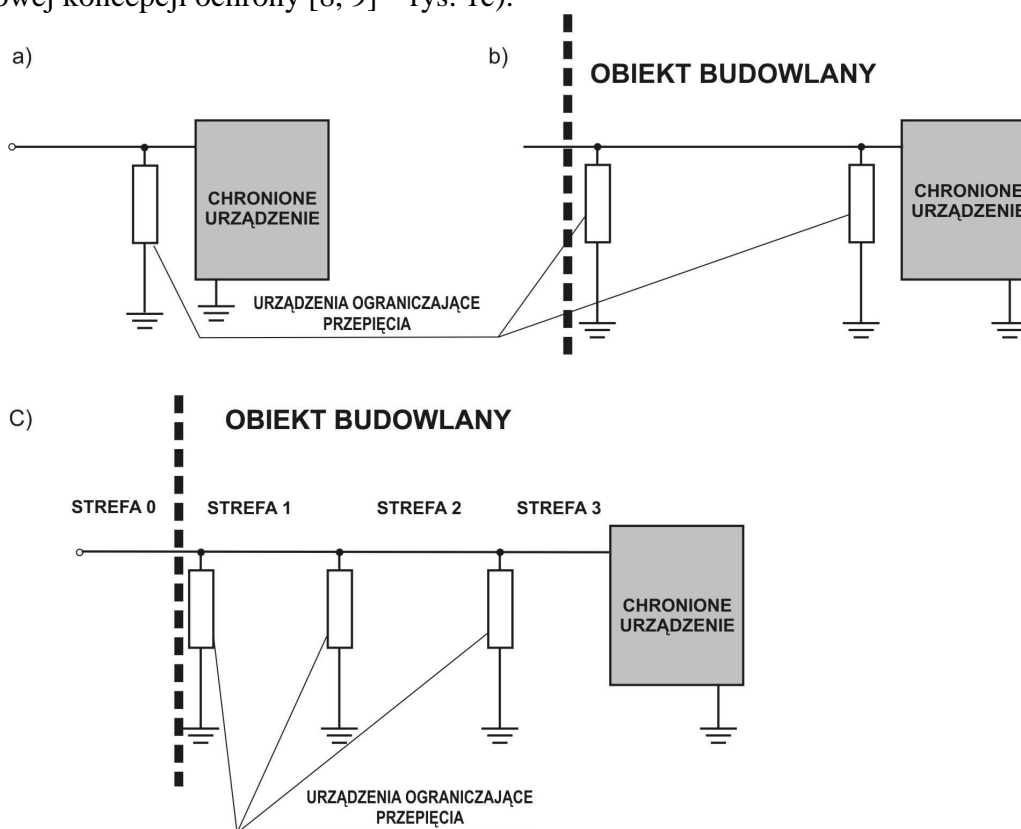


Elementy gazowyładowcze podstawowymi elementami ograniczania przepięć w systemach przesyłu sygnałów

Andrzej Sowa
Politechnika Białostocka

Elementy i układy ograniczające przepięcia w systemach przesyłu sygnałów powinny zapewnić bezawaryjne działanie chronionych urządzeń i nie wpływać na jakość ich pracy. Można je umieszczać:

- bezpośrednio przed chronionym urządzeniem (rys. 1a),
- w miejscu wprowadzania przewodów do obiektu i bezpośrednio przed chronionym urządzeniem (rys. 1b),
- w miejscach przejść pomiędzy poszczególnymi strefami ochronnymi (w przypadku stosowania strefowej koncepcji ochrony [8, 9] – rys. 1c).



Rys. 1. Ogólny przykład instalowania elementów ograniczających przepięcia: a) bezpośrednio przed urządzeniem, b) w miejscu wprowadzania przewodów do obiektu i przed urządzeniem, c) w miejscach przejścia między strefami ochronnymi

Ze względu na sposób ich działania, podstawowe elementy wykorzystywane do ochrony przed przepięciami w systemach można podzielić na następujące grupy:

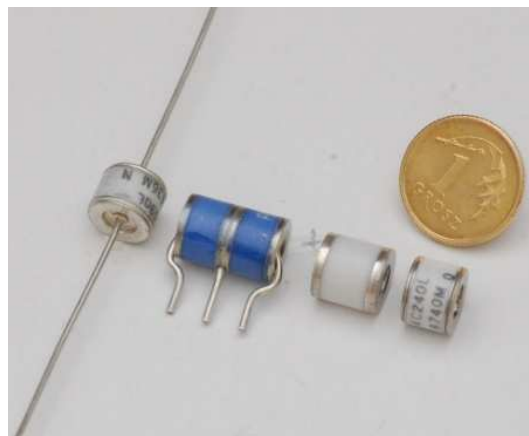
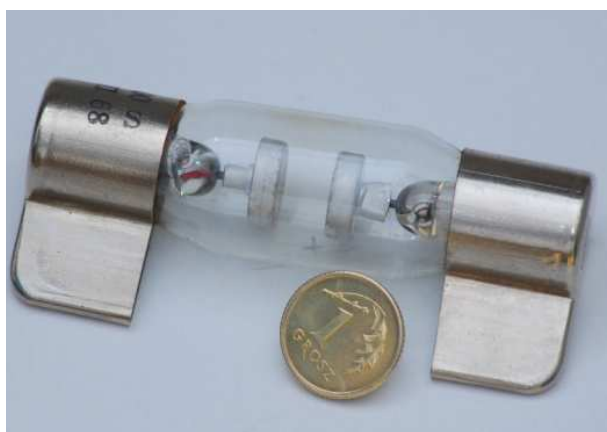
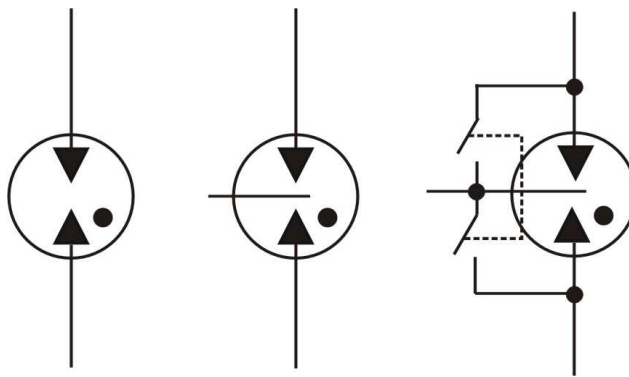
- ucinające przepięcia (duża impedancja w warunkach napięcia znamionowego, która gwałtownie maleje w przypadku wystąpienia napięcia udarowego),
- ograniczające wartość szczytową przepięcia (duża impedancja przy napięciu znamionowym, która zmniejsza się w sposób ciągły w miarę wzrostu napięcia i prądu udarowego).

W dalszej części przedstawione zostaną zasady ochrony i właściwości elementów gazowyładowczych (GDT - Gas Discharge Tube) podstawowych elementów z grupy ucinające przepięcia.

Iskierniki gazowe

Typowy element gazowyładowczy nazywany również iskiernikiem gazowym lub odgromnikiem gazowym, składa się z dwóch elektrod. Elektrody, które mogą być pokryte materiałem przyspieszającym emisję elektronów, umieszczone są w niewielkiej odległości od siebie w obudowie cylindrycznej z materiału izolacyjnego (szkło lub materiał ceramiczny). 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 iskierniki trójelektrodowe (rys. 2.).



Rys. 2. Oznaczenia iskierników gazowych dwu- i trójelektrodowego oraz trójelektrodowego ze zworą termiczną

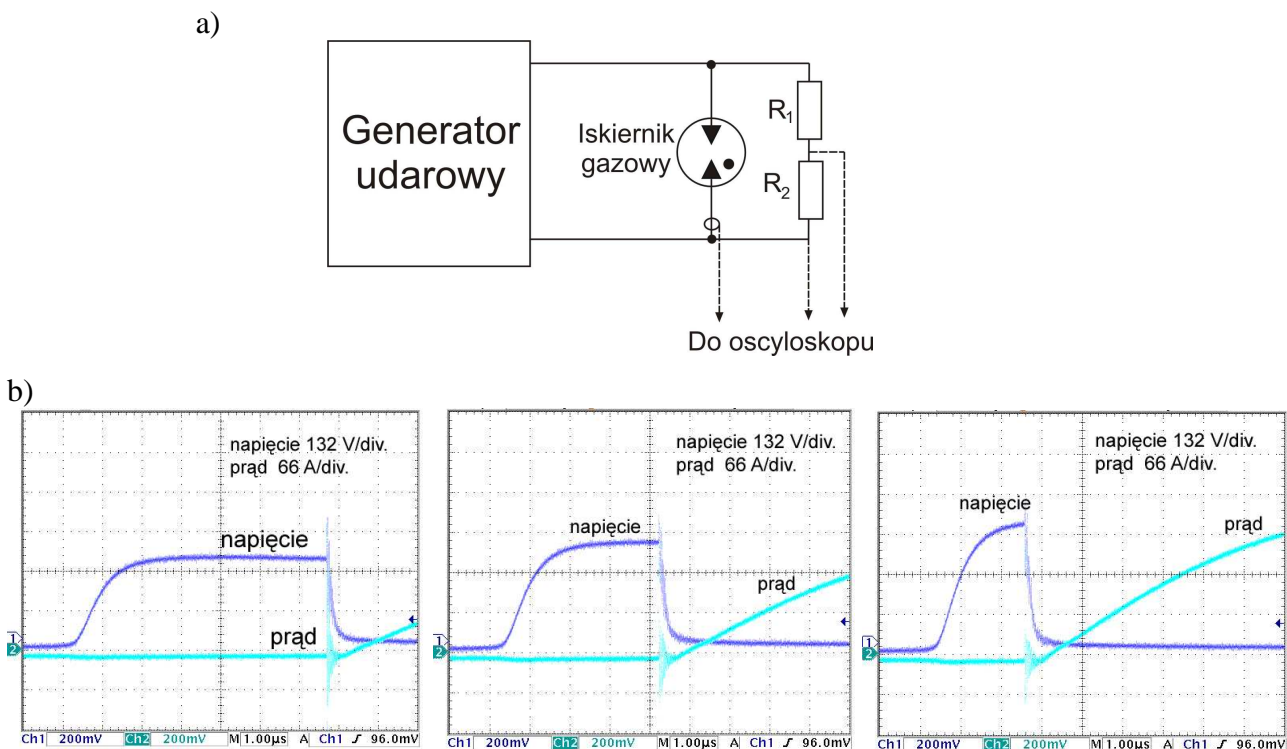
W znamionowych warunkach pracy iskierniki gazowe przedstawiają sobą bardzo dużą oporność ($10^6 - 10^{12}\Omega$). Przychodzące przepięcie powoduje wzrost napięcia między elektrodami aż do

wystąpienia przeskoku, który przechodzi początkowo w wyladowanie jarzeniowe a nastepnie w wyladowanie lukowe.



Rys. 3. Trójelektrodowe iskierniki gazowego ze zworą termiczną

Przykładowe przebiegi przepieć na zaciskach iskiernika gazowego w przypadkach doprowadzenia napiecia udarowego o wzrastajacej wartosci szczytowej i ksztalcie 1,2/50 μ s przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4. Schemat ukladu pomiarowego oraz przebiegi napieć na iskierniku gazowym oraz prądy w nim płynące przy doprowadzaniu napiecia udarowego 1,2/50 μ s o wzrastajacej wartosci szczytowej

Podczas wyladowania lukowego spadek napiecia na przerwie iskrowej iskiernika wynosi kilka-kilkadziesiat woltów.

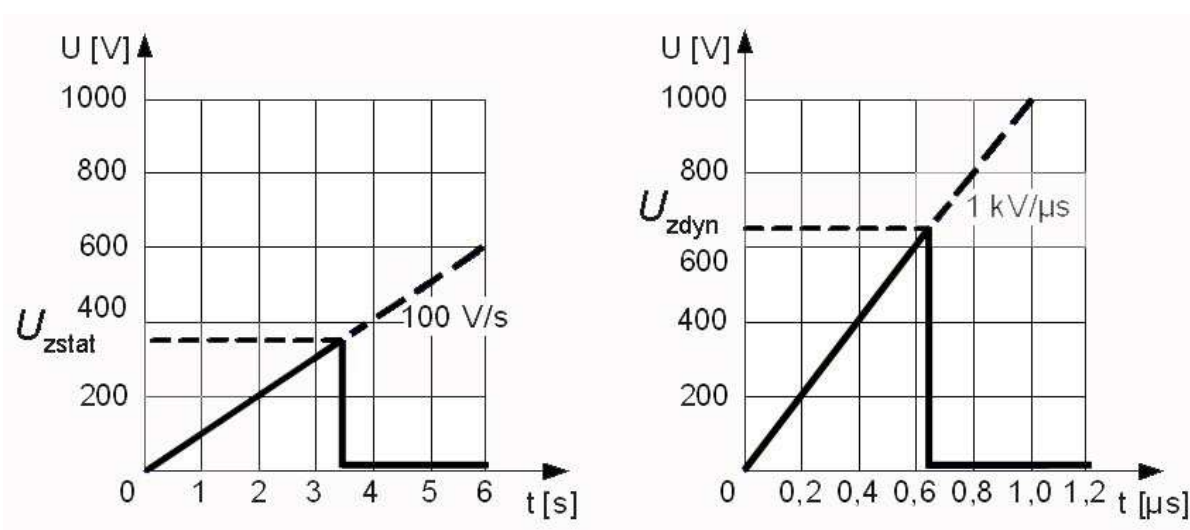
Najistotniejsze, z punktu widzenia ochrony przed przepiećiami, parametry iskierników gazowych oraz typowy zakres wartosci, jakie mogą one osiągnąć zestawiono w tabeli 1.

Szczególną uwagę należy zwrócić na statyczne i dynamiczne napiecia zapłonu iskierników. Wartości tych napieć otrzymujemy doprowadzając do iskiernika gazowego napiecia narastające

liniowo z szybkościami odpowiednio 100 V/s i 1000 V/ μ s. Przykładowe przebiegi czasowe napięć otrzymanych w takich przypadkach przedstawiono na rys. 5.

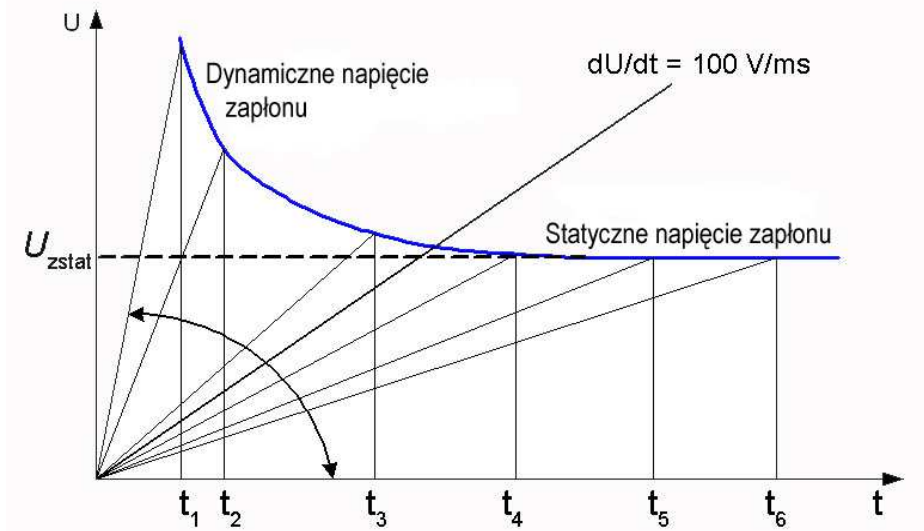
Tabela 1. Podstawowe parametry iskierników gazowych

Oznaczenie	Opis parametru	Typowe wartości
U_{zstat} - statyczne napięcie zapłonu	Napięcie przy, którym następuje zapłon (szybkość narastania napięcia wynosi najczęściej 100 V/s lub 200V/s).	od 60 V do kilku kilowoltów
U_{zdyn} - dynamiczne napięcie zapłonu	Wartość napięcia, przy której następuje przebicie podczas narastania napięcia z prędkością 1 kV/ μ s lub 2 kV/ μ s (czasami 10 kV/ μ s).	400 -2000V (1 kV/ μ s) 600 - 3500V (2 kV/ μ s)
I_s - udarowy prąd wyładowczy	Szczytowa wartość udaru prądowego o kształcie 8/20 μ s (czasami także 10/350 μ s), który może wielokrotnie przepłynąć przez iskiernik.	do 20 kA (udary 8/20) kilkaset amperów (udar 10/350)
I_{SG} - maksymalny udarowy prąd wyładowczy	Maksymalna wartość szczytowa udaru prądowego 8/20 μ s, który może przepłynąć przez iskiernik bez spowodowania mechanicznego uszkodzenia lub zmiany jego funkcji ochronnych.	do 60 kA (udar 8/20)
I_{50} - przemienny prąd wyładowania	Wartość skuteczna prądu przemiennego o częstotliwości od 15 Hz do 62 Hz, który może być przepuszczony przez iskiernik 10 razy w okresach jednosekundowych z odstępami od 5 s do 5 min.	kilka-kilkadziesiąt amperów
U_B - napięcie wyładowania jarzeniowego	Wartość napięcia resztkowego na iskierniku, w chwili występowania wyładowania jarzeniowego (wartość mierzona przy prądzie 10 mA);	70 - 90 V
U_{arc} - nap. łuku	Napięcie na iskierniku w trakcie wyładowania łukowego.	10 - 30 V
R_{is} - rezystancja izolacji	Rezystancja izolacji mierzona przy napięciu 100 V).	$10^9 - 10^{12} \Omega$
C	Pojemność własna iskiernika gazowego..	0,5 - 7 pF



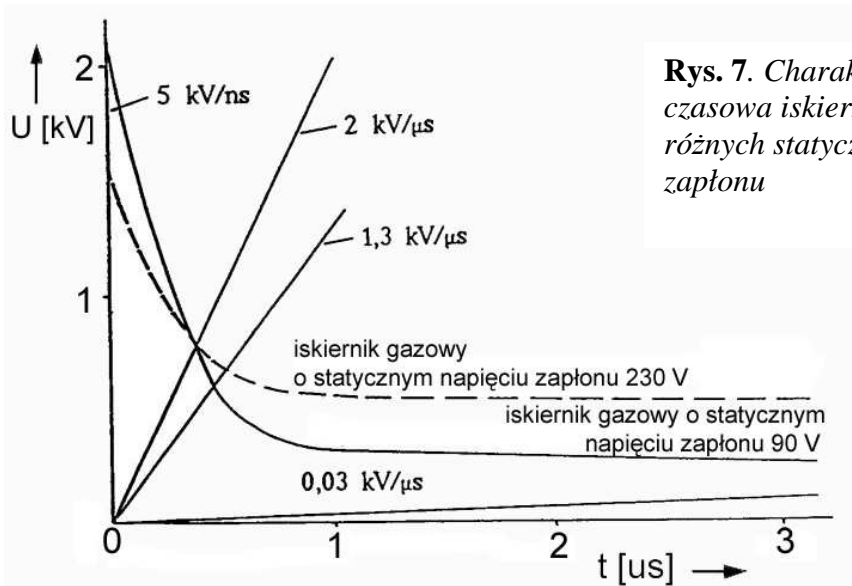
Rys. 5. Wyznaczanie napięć przeskoku i czasów ich wystąpienia przy różnych szybkościach narastania napięcia doprowadzonego do iskiernika

Wyniki pomiarów napięć przeskoków między elektrodami oraz czasów do ich wystąpienia dla napięć udarowych o różnych szybkościach narastania umożliwiają wyznaczenie charakterystyk napięciowo-czasowych iskierników gazowych (rys. 6.).



Rys. 6. Sposób wyznaczania i przebieg charakterystyki napięciowo – czasowej iskiernika gazowego

Charakterystyki napięciowo-czasowe określają właściwości dynamicznych iskierników gazowych. Należy jednak zauważyć, że niskie statyczne napięcia zapłonu iskiernika nie zawsze wskazują na jego dobre właściwości ograniczania przepięć szybkozmiennych (rys. 7.).

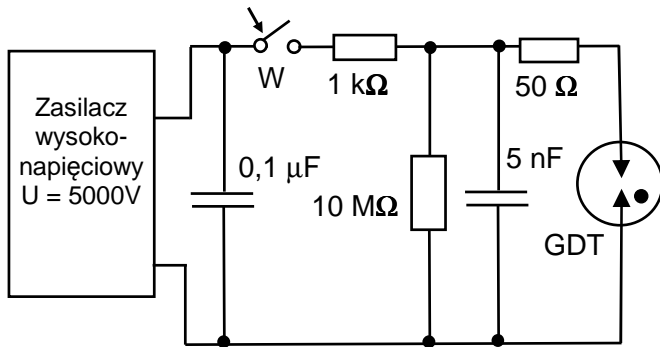


Rys. 7. Charakterystyki napięciowo - czasowa iskierników gazowych o różnych statycznych napięciach zapłonu

W praktyce charakterystyka $U = f(t)$ pozwala jednoznacznie określić wartość szczytową udaru, jaka pojawi się na zaciskach chronionej aparatury po zadziałaniu iskiernika. Wyznaczenie udaru przepuszczonego przez iskiernik gazowy i jego porównanie z odpornością udarową urządzenia pozwala ocenić skuteczność takiej ochrony i ocenić potrzebę stosowania dodatkowych elementów lub układów ograniczających przepięcia.

W przypadku braku charakterystyk napięciowo-czasowych właściwości ochronne iskiernika gazowego można ocenić na podstawie wartości dynamicznego napięcia zapłonu (tabela 1.).

Do wyznaczania tego napięcia wykorzystywany jest generator udarowy, którego schemat przedstawiono na rys. 8 [7].



Rys. 8. Generator wytwarzające napięcie narastające z szybkością 1000 V/μs do badań dynamicznego napięcia zapłonu iskierników gazowych [7]

Właściwości ochronne iskierników gazowych charakteryzują również ich odporności na działanie prądów udarowych. W tablicach 2 i 3 przedstawiono podstawowe parametry prądów udarowych, jakie są wykorzystywane do badań:

- iskierników gazowych, ogólny zakres badań [7],
- iskierników gazowych przeznaczonych do ograniczania przepięć w obwodach telekomunikacyjnych [2, 6].

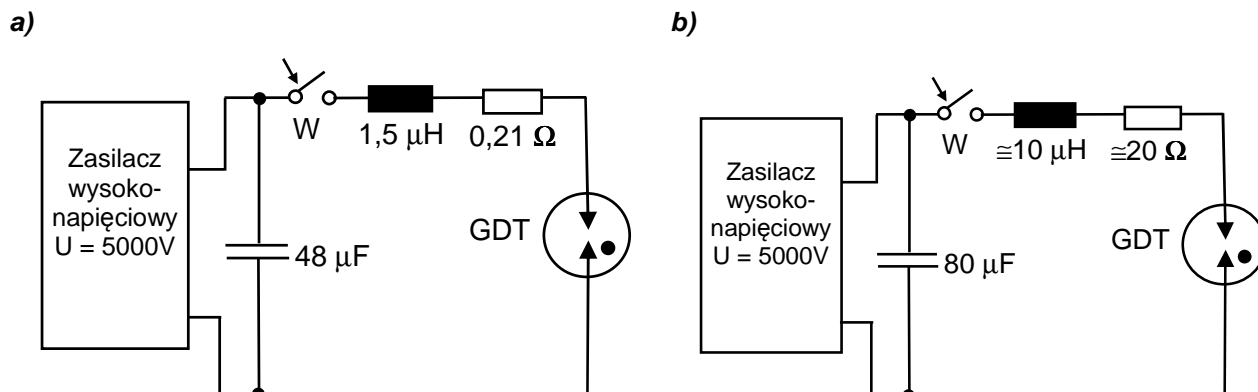
Tabela 2. Wartości szczytowe udarów probierczych iskierników gazowych przeznaczonych do ochrony obwodów telekomunikacyjnych [2]

Klasa	Wartość szczytowa prądu udarowego		
	Kształt 8/20 - 10 udarów	Kształt 10/350 - 1 udar	Kształt 10/1000 – 300 udarów
1	2,5 kA	1,0 kA	50 A
2	5,0 kA	2,5 kA	100 A
3	10,0 kA	4,0 kA	100 A
4	10,0 kA	4,0 kA	100 A
5	20,0 kA	4,0 kA	200 A

Tabela 3. Wartości szczytowe udarów probierczych iskierników gazowych [7]

Klasa	Wartość szczytowa prądu udarowego		Test wytrzymałościowy na N udarów	
	8/20μs 10 udarów	10/350μs 1 udar	10/1000μs N = 300	6/310μs N=500
1	0,5 kA	--	1 A	--
2	1,0 kA	--	5 A	--
3	2,5 kA	1,0 kA	50 A	50 A
4	5,0 kA	2,5 kA	50 A	50 A
5	10,0 kA	4,0 kA	100 A	100 A
6	10,0 kA	4,0 kA	100 A	100 A
7	20,0 kA	4,0 kA	200 A	200 A
8	10,0 kA	4,0 kA	100 A	100 A
9	20,0 kA	4,0 kA	200 A	200 A

W przypadku iskierników gazowych przedstawiono tylko schematy generatorów wytwarzających prądy udarowe 8/20 μ s, 6/310 μ s oraz 10/1000 μ s [7]. Są to typowe układy generatorów prądów udarowych (rys. 9).



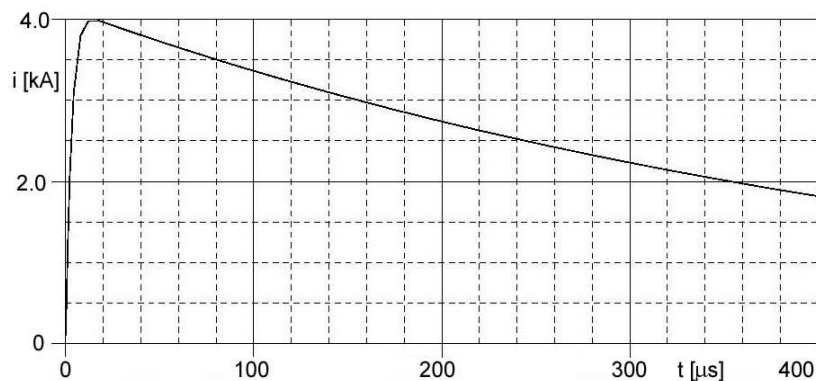
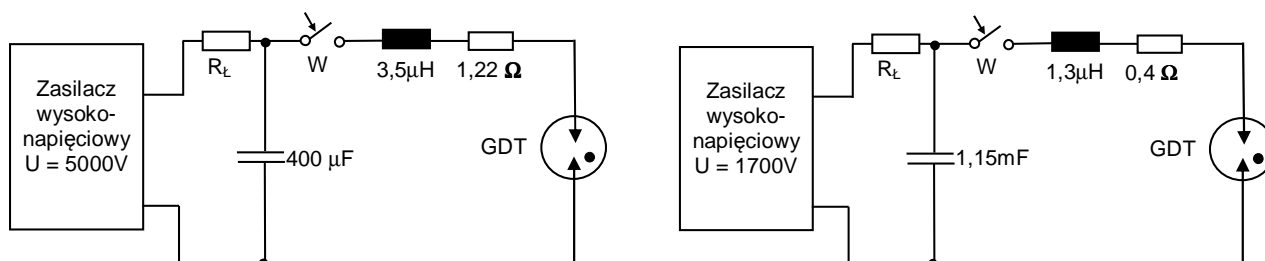
Rys. 9. Generatory wytwarzające prądy udarowe do badań iskierników gazowych [7];

a) prąd udarowy 10 kA, kształt 8/20 μ s,

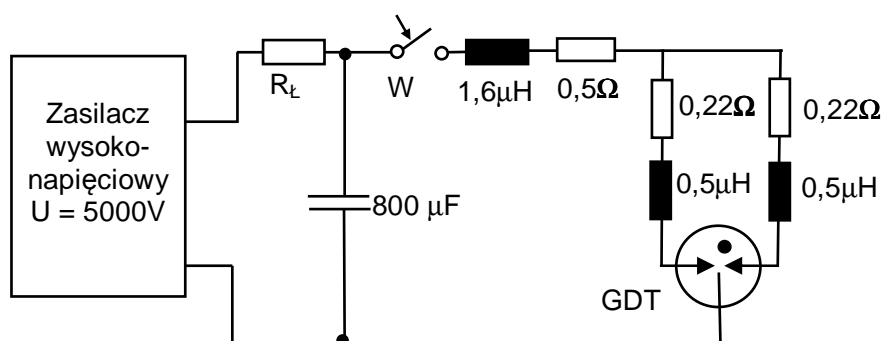
b) prąd udarowy 100 A, 10/100 μ s

W normach [2, 6, 7] brak schematów generatorów prądów udarowych 10/350 μ s oraz układów połączeń generator – badany iskiernik. Najprostszym rozwiązaniem jest zastosowanie układów podobnych do tych, jakie są zalecane do wytwarzania pozostałych prądów udarowych.

Przykładowe rozwiązania generatorów wytwarzających prądy udarowe o wartości szczytowej 4 kA i kształcie 10/350 μ s do badania dwu- i trój- elektrodowych iskierników gazowych przedstawiono na rys. 10 i 11.



Rys. 10. Schematy generatorów do badań oddziaływania prądu 10/350 μ s na dwuelektrodowe iskierniki gazowe



Rys. 11. Schemat generatora do badań oddziaływania prądu 10/350 μ s na trójelektrodowe iskierniki gazowe.

Dodatkowo, planując zastosowanie iskierników gazowych należy uwzględnić zarówno ich zalety, jak i podstawowe wady (tabela 4).

Tabela 4. Podstawowe zalety i wady iskierników gazowych stosowanych do ograniczania przepięć w obwodach przesyłu sygnałów

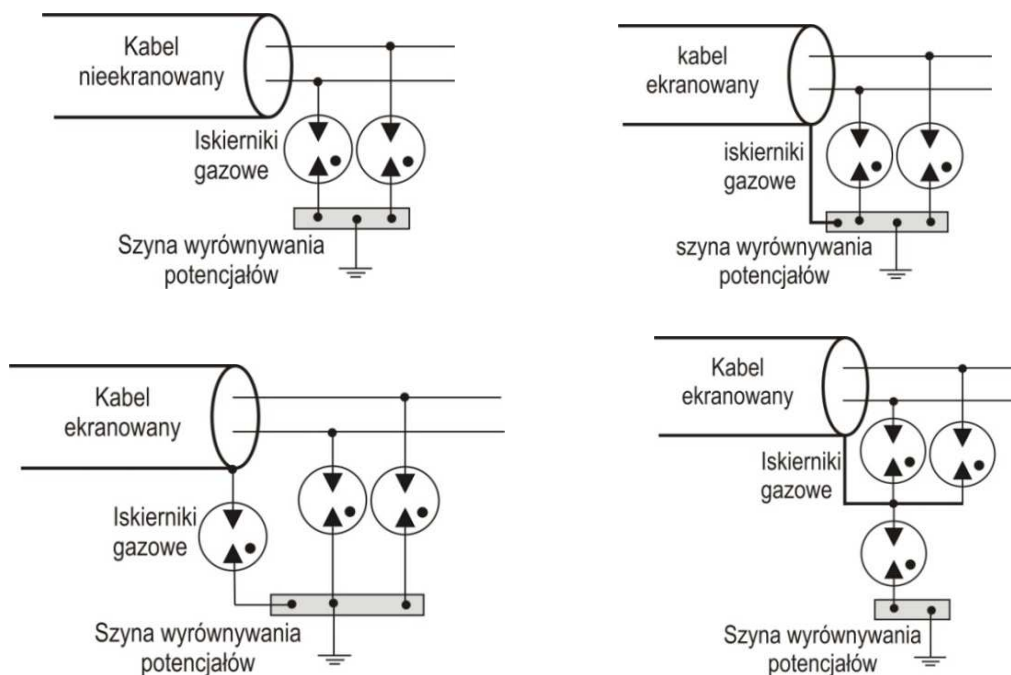
Zalety	Wady
<ul style="list-style-type: none"> Bardzo duża odporność na działanie prądów udarowych dochodząca do 60 kA kształt 8/20 μs oraz 4 kA, 10/350 μs. Niewielka wartość pojemności < 1 pF, co umożliwia ich stosowanie w wysokoczęstotliwościowych systemach przesyłu sygnałów. Bardzo małe wartości napięć występujące po zapłonie iskierników. Możliwość pochłaniania dużych energii udarów. Bardzo małe wartości prądu upływu. 	<ul style="list-style-type: none"> Udarowe napięcie zapłonu zależne od stromości narastania (du/dt) czoła impulsu przepięciowego; Minimalne statyczne napięcie zapłonu ok. 60 V – 70 V, co może być zbyt dużą wartością dla wielu urządzeń. W przypadku zbyt dużych wartości napięć roboczych lub dużego prądu płynące po zadziałaniu iskiernika nie następuje przerwanie prądu następczego i zniszczenie iskiernika.

Układy iskierników gazowych

W obwodach przesyłu sygnałów układy iskierników gazowych instalowane są najczęściej w miejscach występowania napięć i prądów udarowych o znacznych wartościach szczytowych. Dotyczy to szczególnie miejsc wprowadzania przewodów do obiektu budowlanego. W tych miejscach linie przesyłu sygnałów np. przewody telekomunikacyjne, okablowanie informatyczne, kable antenowe, należy również połączyć z główną szyną wyrównywania potencjałów:

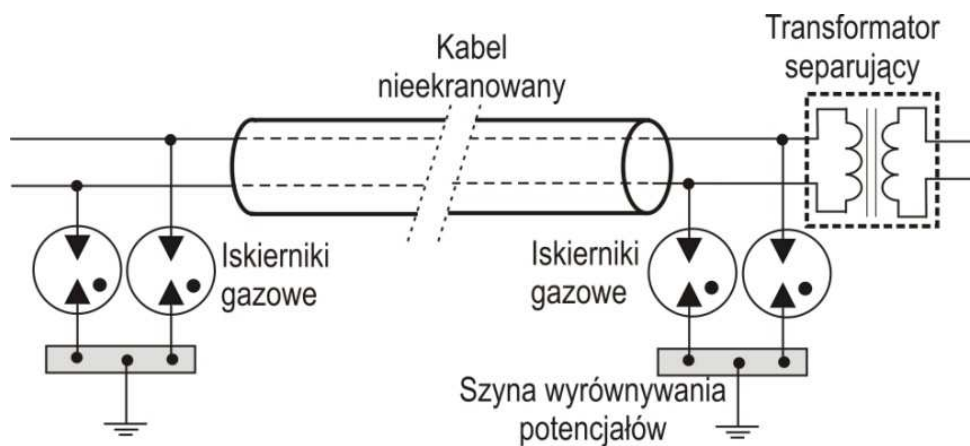
- bezpośrednio np. ekrany kabli,
- za pomocą elementów ograniczających różnice potencjałów.

Typowe układy połączeń iskierników gazowych stosowane do ograniczania przepięć przedstawiono na rys. 12.



Rys. 12. Typowe układy połączeń iskierników gazowych

W przypadku występowania różnic potencjałów i stosowania separacji galwanicznej np. transformatory separujące, transoptory [3, 4] zalecane jest również stosowanie układów iskierników gazowych (rys. 13).



Rys. 13. Zastosowanie iskierników gazowych i elementów izolujących

Iskierniki gazowe stosowane do ograniczania przepięć dochodzących z linii telekomunikacyjnych powinny również spełniać wymagania [10] stawiane ochronnikom abonenckim (tabela 5.).

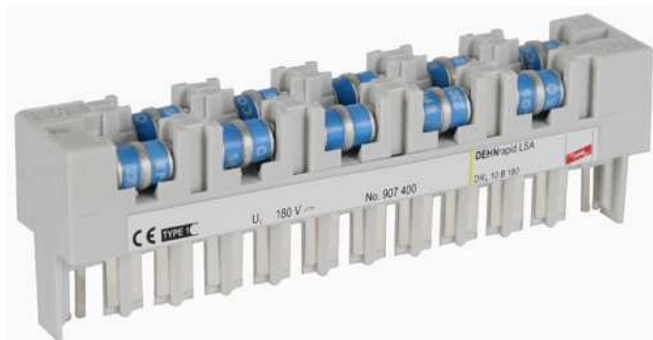
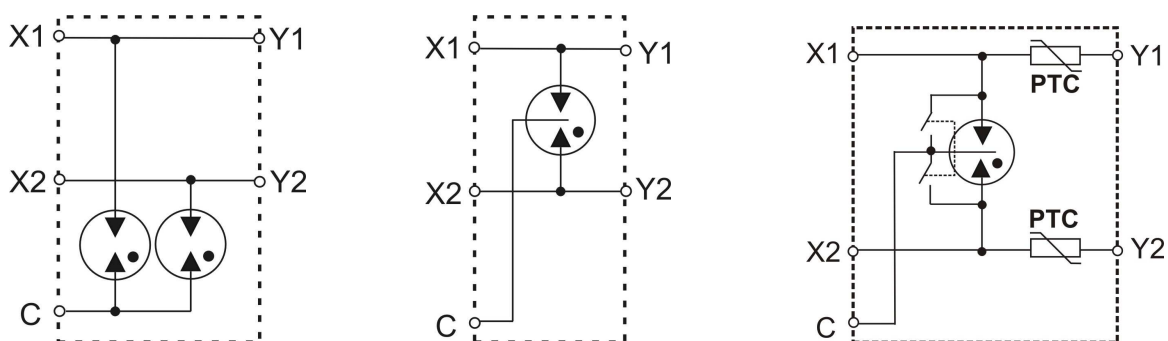
W zależności od poziomów odporności udarowej urządzeń telekomunikacyjnych, do ograniczania przepięć można zastosować w krosownicy (przełącznicy):

- iskierniki gazowe (ochronniki jednostopniowe) ograniczające napięcie poniżej 1 kV,
- układy iskierników gazowych i elementów półprzewodnikowych (diody lub warystory) ograniczające przepięcia do poziomów poniżej 500 V.

Tabela 5. Właściwości ochronników telekomunikacyjnych

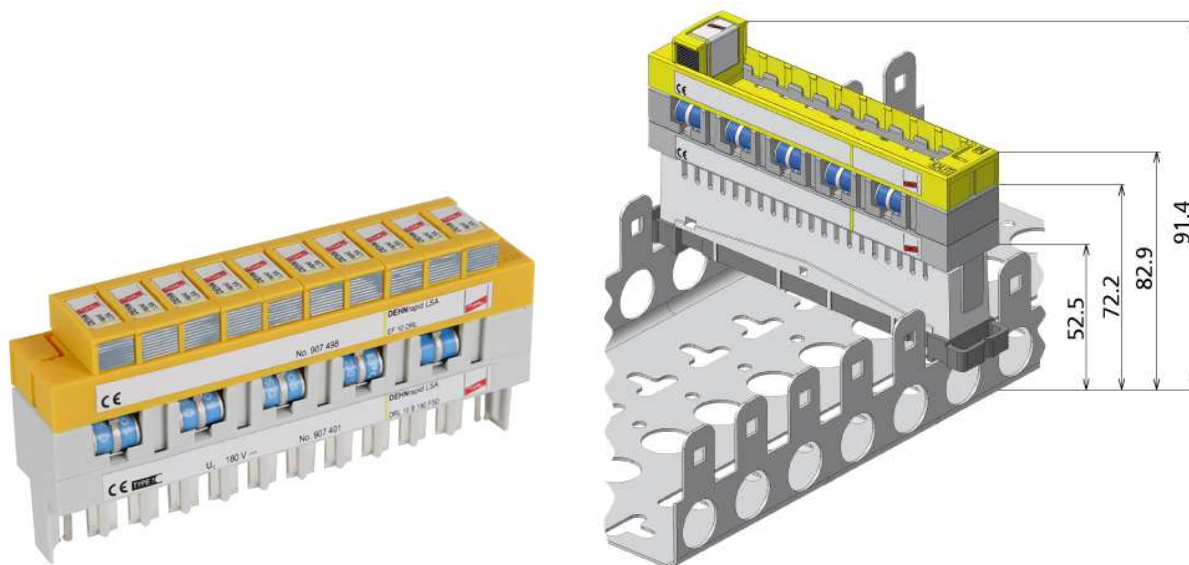
Typ ochronnika	Ochronniki jednostopniowe	Ochronniki wielostopniowe
Właściwości	Zawierające odgromnik trójelektrodowy lub dwa odgromniki dwuelektrodowe oraz zabezpieczenie prądowe	Zawierające odgromnik trójelektrodowy lub dwa dwuelektrodowe oraz dodatkowe elementy zmniejszające dynamiczne napięcie zapiętnu
Poziom ochrony przy napięciu narastającym kV/ μ s	900 V	500 V
Wytrzymałość na prądy udarowe	Powinien wytrzymać bez uszkodzeń prądy udarowe o wartości szczytowej, co najmniej 10 kA i kształcie 8/20 μ s	
Wytrzymałość na napięcia udarowe	Powinien wytrzymać bez uszkodzeń napięcia udarowe 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 układy połączeń iskierników oraz rozwiązania montażowe w miejscu wprowadzania kabli telekomunikacyjnych do obiektu przedstawiono na rys.14 i 15.



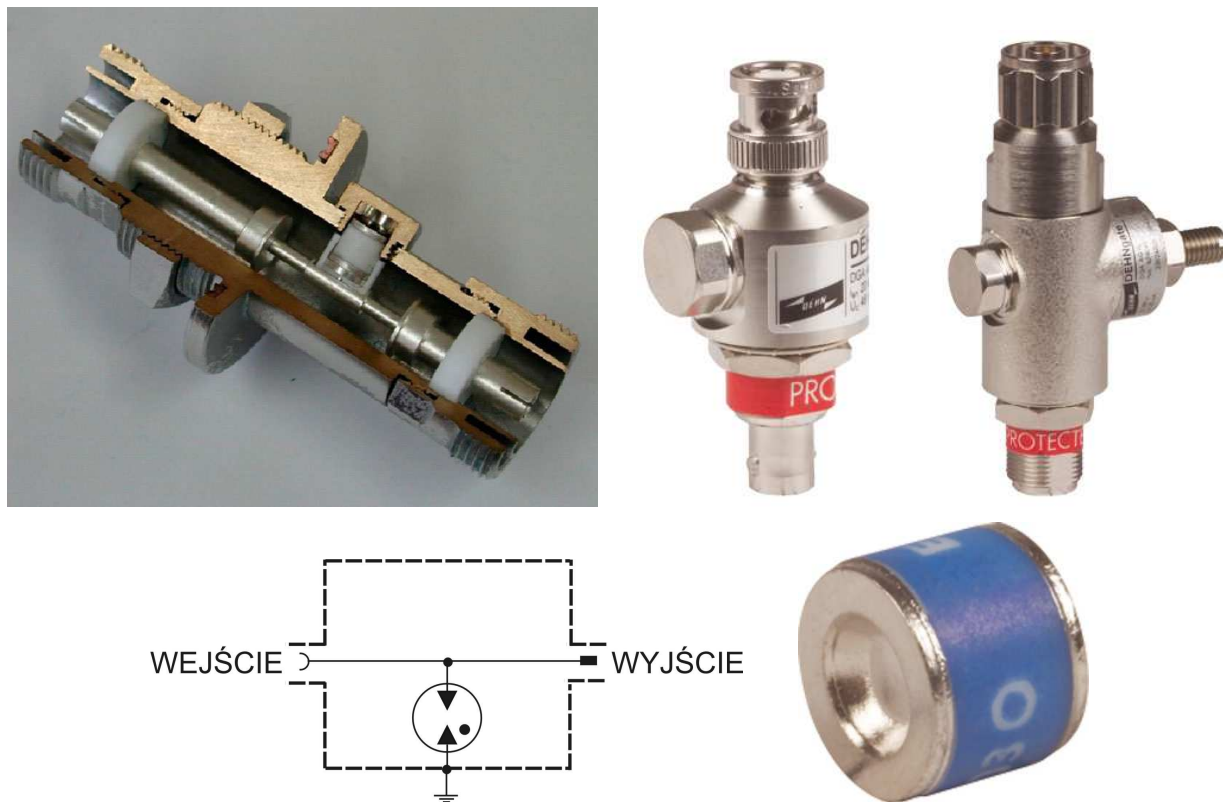
Rys. 14. Przykładowe urządzenia do ograniczania przepięć w obwodach telefonicznych

A. Sowa Elementy gazowładcowe podstawowymi elementami ograniczania przepięć w systemach przesyłu sygnałów



Rys. 15. Przykładowe urządzenia do ograniczania przepięć w obwodach telefonicznych

Dobierając środki ochrony odgromowej należy zwrócić uwagę na urządzenia nadawczo-odbiorcze, które mogą być narażona na działanie części prądów piorunowych dochodzących kablami antenowymi i falowodami. W takich przypadkach podstawową ochroną zapewniają odpowiednio rozmieszczone połączenia wyrównawcze i uziemiające falowodów oraz ekranów kabli koncentrycznych. Stosując kable koncentryczne należy dodatkowo ograniczać przepięcia pojawiające się pomiędzy przewodem środkowym a ekranem kabla. Do tego celu można także zastosować iskierniki gazowe (rys. 16).



Rys. 16. Iskierniki gazowe stosowane w obwodach wielkiej częstotliwości

Układy iskierników gazowych można stosować jako jedyny środek ochrony przed przepięciami, jeśli odporność udarowa portów sygnałowych urządzenia jest na poziomie 1000V lub wyższym.

W większości przypadków zapewnienie ochrony przyłączy sygnałowych urządzeń elektronicznych wymaga ograniczenia przepięć do niższych poziomów. W takich przypadkach należy stosować wielostopniowe układy ograniczania przepięć zawierające iskierniki gazowe oraz diody zabezpieczające lub warystory.

Literatura

- [1] Sowa A.: Kompleksowa ochrona odgromowa i przepięciowa. COSiW SEP, Warszawa 2005.
- [2] ITU-T Recommendation K.12 (02/00) *Characteristics of gas discharge tubes for the protection of telecommunications installations*
- [3] PN-EN 50174-2:2002, *Technika informatyczna. Instalacja okablowania. Część 2: Planowanie i wykonawstwo instalacji wewnątrz budynków.*
- [4] PN-EN 50174-3:2005, *Technika informatyczna. Instalacja okablowania. Część 3: Planowanie i wykonawstwo instalacji na zewnątrz budynków.*
- [5] prEn 50164-1:1996, *Lightning protection components (LPC). Part 1: requirements for connection components*
- [6] PN-IEC 61643-21:2004, *Niskonapięciowe urządzenia ograniczające przepięcia. Część 21: Urządzenia do ograniczania przepięć w sieciach telekomunikacyjnych i sygnalizacyjnych. Wymagania eksploatacyjne i metody badań.*
- [7] PN-EN 61643-311:2003, *Elementy do niskonapięciowych urządzeń ograniczających przepięcia – Część 311: Wymagania dla iskierników gazowych*
- [8] PN-EN 62305-1:2006 (U), *Ochrona odgromowa - Część 1: Wymagania ogólne.*
- [9] PN-EN 62305-4:2006 (U), *Ochrona odgromowa - Część 4: Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach budowlanych*
- [10] IEC 61663-2:2000, *Lightning protection. Telecommunication lines - Part 2: Lines using metallic conductors.*
- [11] PN-T-83020:1996, *Ochronnik telefoniczny abonencki. Ogólne wymagania i badania.*
- [12] Materiały reklamowe firmy DEHN