

WYTYCZNE STOSOWANIA

OCHRONA PRZECIWPZEPĘCIOWA

**Zasady doboru, badania
i zastosowanie warystorowych
ograniczników przepięć
w sieciach rozdzielczych
niskiego napięcia**



ABB

Przedmowa



Już od 1998 roku istniały normy krajowe dla ograniczników przepięć w systemach zasilania niskiego napięcia. Sytuacja ta powodowała dwie trudności: po pierwsze prowadziło to do wykorzystywania zaadoptowanych innych norm, na przykład, IEC-99-1 i IEC 99-4, które są stosowane do ograniczników wysokiego napięcia, z i bez iskierników; po drugie, deklarowane dane znamionowe, parametry i próby przedstawiane przez różnych producentów nie były jasne, i dlatego trudne do porównania.

W przeszłości, różne komitety IEC pracowały (i wciąż pracują) nad normami i wytycznymi, tak jak w IECSC 28A: Koordynacja izolacji w instalacjach niskiego napięcia; SC37A: Urządzenia ochronne przeciwprzepięciowe w systemach rozdzielczych niskiego napięcia; TC 64: Instalacje elektryczne w budynkach; SC 77B: kompatybilność elektromagnetyczna - zjawisko wielkiej częstotliwości; i TC 81: Ochrona odgromowa. Nie prowadziło to do jasnej i łatwej sytuacji. Wspólna Grupa Robocza (JWG) 31 komitetu TC 64 podjęło zadanie koordynacji pracy różnych komitetów technicznych i podkomitetów pod tytułem: Przepięcia i ochrona przeciwprzepięciowa.

W 1998 norma IEC 61643-1 (Pierwsza wersja 1998-02), została wydana drukiem pod tytułem: **Urządzenia ochronne przeciwprzepięciowe podłączone do systemów rozdziału energii niskiego napięcia - Część 1: Wymagania wykonania i metody testowania**

Pan Bernhard Richter, Product Manager w oddziale ograniczników przepięć ABB High Voltage Technologies Ltd, chętnie podjął zadanie opisanie w krótkiej i jasnej formie podstaw technicznych i zastosowań urządzeń ochronnych przeciwprzepięciowych dla sieci niskich napięć, koncentrując się na beziskiernikowych warystorowych ogranicznikach przepięć dla napowietrznych i specjalnych aplikacji.

Pan Richter jest aktywnym członkiem w różnych grupach roboczych IECSC37A i TC81. Jego pole działalności dotyczy głównie rozwoju, badań i zastosowania ograniczników przepięć w wykorzystaniu ich we wszystkich systemach napięciowych zasilania.

Mamy nadzieję, że Ty drogi czytelniku, będziesz z pożytkiem wykorzystywał niniejszą publikację. Mile przyjmujemy uwagi, sugestie i porady, które mogą pomóc spełnić nam wszystkie wymagania naszych klientów.

ABB High Voltage Technologies Ltd
Wettingen, Kwiecień 2001

Pierwsza publikacja: Maj 2001

Wszystkie prawa zastrzeżone

Żadne części niniejszego wydawnictwa nie mogą być reprodukowane lub przetłumaczone na żaden sposób bez wyrażonej pisemnie zgody ABB High Voltage Technologies Ltd.

Copyright ABB High Voltage Technologies Ltd
Oddział Ograniczników Przepięć
Wettingen / Szwajcaria

Spis treści

1 Wstęp	5 ZnO Ograniczniki przepięć niskiego napięcia z ABB
2 Przepięcia w sieciach zasilania niskiego napięcia	5.1 Warystory ZnO
2.1 Przepięcia spowodowane bezpośrednim wyładowaniem	5.2 Ograniczniki warystorowe
2.2 Przepięcia indukowane	5.3 Dane techniczne ograniczników
2.3 Przepięcia spowodowane sprzężeniem	6. Próby
2.4 Przepięcia przenoszone poprzez transformatory	6.1 Próby typu
2.5 Prawdopodobieństwo przepięć	6.2 Próby specjalne
3 Sieci niskiego napięcia	6.3 Próby wyrobu
3.1 Systemy napięciowe w sieciach niskich napięć	6.4 Próby zdawczo-odbiorcze
3.2 Kategorie izolacji	7. Dobór warystorowych ograniczników przepięć
3.3 Uziemione systemy niskiego napięcia	7.1 Dobór U_c
3.4 Przepięcia dynamiczne (TOV) w systemach niskiego napięcia	7.2 Dobór U_p
4 Urządzenia ochronne przeciwprzepięciowe	7.3 Dobór zdolności pochłaniania energii
4.1 Zasada funkcjonowania ograniczników przepięć	8. Koordynacja ograniczników przepięć
4.2 Definicje	9 Warystorowe ograniczniki przepięć do systemów prądu stałego
4.3 Klasyfikacje	10 Instalacje ograniczników przepięć
4.4 Warunki pracy	Bibliografia

1. Wstęp

Przebiecia w elektrycznych sieciach zasilania pojawiają się na skutek wyładowań atmosferycznych oraz operacji łączeniowych, i są zjawiskiem nieuniknionym. Zagrożają one urządzeniom elektrycznym ponieważ z powodów ekonomicznych, izolacja nie może być zaprojektowana aby uwzględnić wszystkie możliwe zagrożenia. Dlatego, bardziej ekonomiczne i bezpieczne jest zastosowanie rozległej ochrony „on-line” przeciwko niedopuszczalnym poziomom przepięć. Dotyczy to zarówno linii wysokich napięć jak też średnich i niskich napięć.

Ochrona przeciwprzebieciowa generalnie może być osiągnięta na dwa sposoby:

- Unikanie przepięć w miejscu ich powstawania, na przykład poprzez ekranowanie przewodów uziomowych.
- Ograniczanie przepięć w pobliżu urządzeń elektrycznych, na przykład poprzez ograniczniki przepięć w sąsiedztwie tych urządzeń.

W systemach niskich napięć ochrona instalacji uziomowych generalnie nie jest wystarczająco skuteczna. Piorun uderzałby nie tylko w jeden przewód (uziomowy), ale we wszystkie, obejmując przewody fazowe, a przepięcia indukowane i przenoszone nie mogły by być w ten sposób eliminowane.

Najbardziej skuteczną ochroną przeciwprzebieciową w sieciach niskiego napięcia jest wykorzystanie ograniczników przepięć w sąsiedztwie urządzeń.

Dla ogólnej informacji, a szczególnie odnośnie sieci średniego napięcia, odsyłamy do naszych WYTYCZNYCH STOSOWANIA: Zasady doboru, badania i zastosowanie warystorowych ograniczników przepięć w sieciach średniego napięcia [1]. Ochrona przeciwprzebieciowa w trakcji elektrycznej kolei, prądu zmiennego i stałego, jest opisana w: Zasady doboru, badania i zastosowanie warystorowych ograniczników przepięć w trakcji elektrycznej [2].

Przebiecia pochodzenia atmosferycznego są największym zagrożeniem dla sieci niskiego napięcia. Ochrona przepięciowa musi być zrealizowana w taki sposób że przepięcie jest ograniczone do niegroźnej wartości.

2. Przepięcia w sieci zasilającej niskiego napięcia

Przebiecia atmosferyczne w sieciach mogą być klasyfikowane zgodnie z ich pochodzeniem następująco:

- przepięcia pochodzące od bezpośredniego wyładowania w linię napowietrzną
- przepięcia zaindukowane w liniach napowietrznych na skutek wyładowań w bliskiej odległości
- przepięcia spowodowane poprzez rezystancyjne, indukcyjne i pojemnościowe sprzężenie z systemami przenoszącymi prądy wyładowcze.

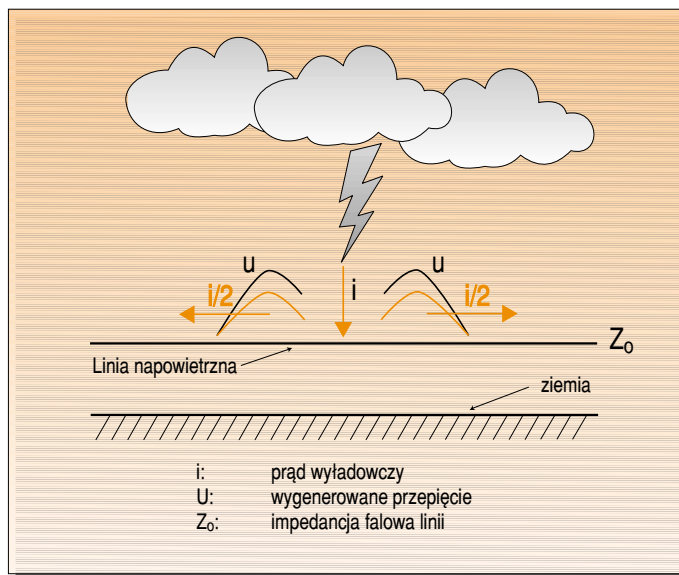
W [4] jest dyskutowany w szczególności przypadek przepięć przenoszonych przez transformator rozdzielczy ze strony średniego napięcia na stronę nn.

2.1 Przepięcia spowodowane bezpośrednim wyładowaniem

Przepięcie jest określane poprzez rzeczywistą impedancję linii i prądu wyładowczego. Dla wyładowania w przewód linii napowietrznej, impedancja jest w pierwszych momentach określana jako impedancja falo-wa linii Z_0 .

Impedancja ta Z_0 normalnie zawiera się w przedziale 400 do 500 Ω na jeden przewód. Jak pokazano na rysunku 1 prąd wyładowczy podzielony jest przez dwa, na każdą z części linii, wędrując po niej dalej. Generowane napięcie jest obliczone:

$$U = Z_0 \times i / 2$$



Rysunek 1

Przepięcie atmosferyczne spowodowane bezpośrednim uderzeniem pioruna w linię napowietrzną.

Zakładając $Z_0=450 \Omega$ i typowy prąd $i = 20 \text{ kA}$ (80% prawdopodobieństwa, patrz tabela 1), spodziewana wartość napięcia będzie osiągać $U=4500 \text{ kV}$. Zatem w liniach niskiego napięcia, przebiecia będą pojawiać się pomiędzy wszystkimi przewodami, i zwykle również do ziemi na najbliższym biegunie linii. Po przeskoku rzeczywista impedancja jest zmniejszona, w zależności od rezystancji ziemi. Nawet z małą impedancją 10Ω i prądem będącym na poziomie 10 kA , napięcie wciąż będzie się równać $U=100 \text{ kV}$, wędrując wzdłuż linii. Dlatego kolejne przeskoki będą się pojawiać wzdłuż linii.

Wyładowania o biegunowości ujemnej

Procent	98%	95%	80%	50%	20%	5%
Wartość szczytowa prądu	>4kA	>6kA	>20kA	>34kA	>55kA	>90kA

Tabela 1

Prawdopodobieństwo wartości szczytowych prądu wyładowania atmosferycznego.

2.2 Przepięcia indukowane

Przepięcia są indukowane we wszystkich rodzajach sieci elektrycznych na skutek zmian pola elektromagnetycznego spowodowanych wyładowaniem atmosferycznym. Jako zgrubne przybliżenie, spodziewane przepięcie pomiędzy przewodem fazowym a ziemią może być wyznaczone zgodnie z Rusck'iem [5]

$$U_{\max} = Z_0 \times I_{\max} \times H/D$$

I_{\max} – wartość szczytowa prądu wyładowczego

Z_0 – rzeczywista wartość impedancji (założono aby była 30Ω)

H – wysokość linii

D – odległość punktu wyładowania do linii

Zważywszy na wysokość 5 m dla linii niskiego napięcia, prąd wyładowania 20 kA i odległość 100 m, obliczone zaindukowane napięcie wynosi:

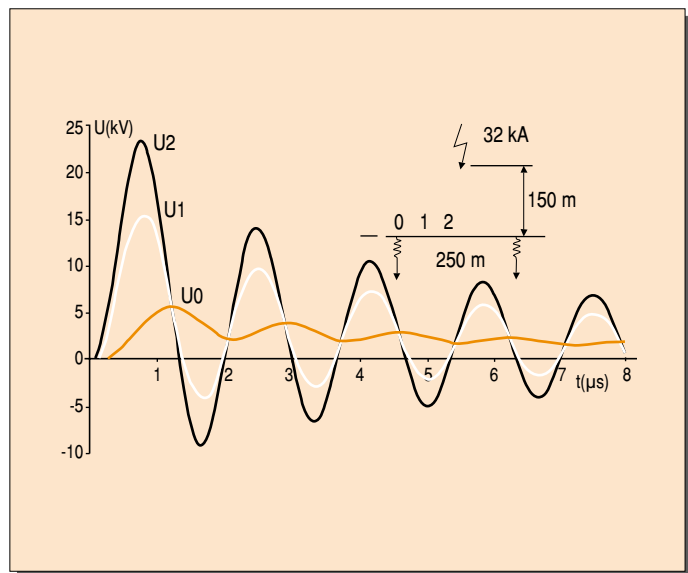
$$U_{\max} = 30 \text{ kV.}$$

Z odległością 1000 m pomiędzy linią a punktem wyładowania, zaindukowane napięcie ma wartość $U_{\max} = 3 \text{ kV}$.

Powyżej obliczone wartości napięć indukowanych w liniach napowietrznych pokazują, że ten rodzaj przepięć jest podstawowym dla systemów rozdzielni niskiego napięcia.

Wyładowanie indukujące przepięcia pojawia się głównie pomiędzy przewodami a ziemią. Różnica potencjałów pomiędzy przewodami początkowo jest mała, szczególnie wtedy gdy wykorzystywane są przewody skręcone względem siebie. Jednakże, z uwagi na różnice obciążenia poszczególnych przewodów fazowych (w zależności od systemu niskiego napięcia), wzajemne oddziaływanie urządzeń ochronnych przeciwprzepięciowych, przeskoków, itd., znacznie oddziałuje na mogące się pojawić przepięcia międzyfazowe.

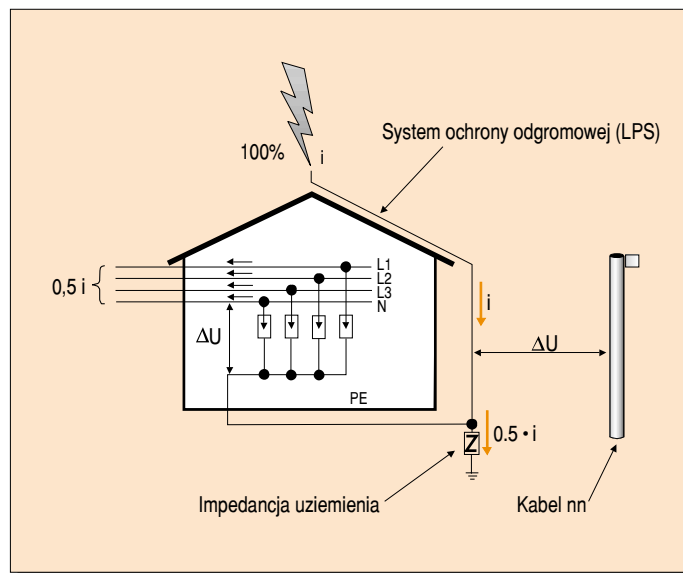
Przykład ilustrujący zaindukowane przepięcie międzyfazowe w systemach niskiego napięcia jest pokazany na rysunku 2. Założone jest, że przewody są skręcone względem siebie, zawierając przewód neutralny. Przewód neutralny jest uziemiony na obu końcach linii. Napięcia w pewnym punkcie linii pokazują oscylacje wysokiej częstotliwości (fala pierścieniowa). Okres oscylacji odpowiada dwukrotnemu czasowi rozchodzenia się okresu będącego odległością pomiędzy dwoma biegunami. Ponadto, zakłada się, że najwyższa wartość napięcia pojawia się pośrodku okresu. W podanym przykładzie napięcie osiąga 23 kV w środku okresu, i aż 5 kV bezpośrednio na biegunie, gdzie odbiorca może być przyłączony.



Rysunek 2
Indukowane przepięcie międzyfazowe. Obliczone wartości zakładają skręcone przewody.

2.3 Przepięcia spowodowane sprzężeniem

Wyładowanie burzowe do ziemi może doprowadzić potencjał ziemi do wysokiej wartości w punkcie uderzenia jak również w jego pobliżu. To zjawisko będzie powodowało przepięcia w układach elektrycznych, wykorzystując ten punkt ziemi jako odniesienie dla ich systemu uziemienia. Rysunek 3 pokazuje zasadę tego zjawiska. Wzrost potencjału układu uziemienia jest określony przez prąd wyładowania i rzeczywistą impedancję ziemi. W pierwszym momencie potencjał uziomu jest wyznaczony przez miejscową impedancję, na przykład 10Ω . To oznacza że wysokie napięcie jest generowane pomiędzy układem uziemienia a instalacjami elektrycznymi wewnątrz budynku, lub pozostałymi instalacjami blisko układu uziomowego. Z wysokim prawdopodobieństwem przepięcia te będą powodowały albo przeskoki, uszkodzenia izolacji albo zadziałanie urządzeń ochronnych przeciwprzepięciowych. Przy podobnych przypadkach, impulsy prądowe mogą płynąć do rozmaitych układów, głównie określonych przez ich impedancję do ziemi. W ten sposób przepięcia są wytwarzane w układach zasilania jak również w innych (telekomunikacja, przesył danych i sygnałów, itp.). Ponadto, przepięcia są przenoszone do innych budynków, konstrukcji czy instalacji.



Rysunek 3
Przykład przepięć sprzężonych rezystancyjnie w układach elektrycznych. Przepięcia o wysokiej wartości mogą być generowane w instalacjach elektrycznych w budynku, jak również w pobliskich instalacjach (i we wszystkich częściach przewodzących) w ziemi.

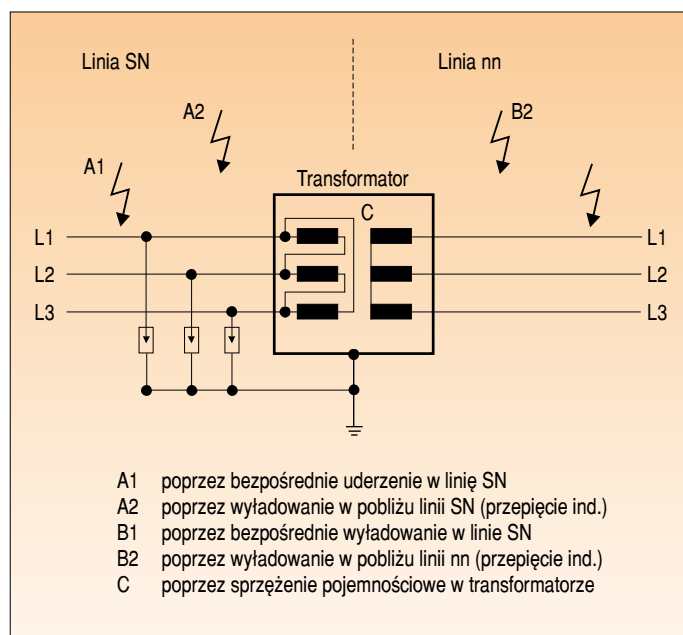
Z powodu pól elektromagnetycznych o wysokiej wartości za sprawą prądu wyładowczego, sprzężenie indukcyjne i pojemnościowe do układów elektrycznych w pobliżu kanału burzowego może również generować przepięcia, powodując uszkodzenia lub brak działania.

2.4 Przepięcia przenoszone poprzez transformatory

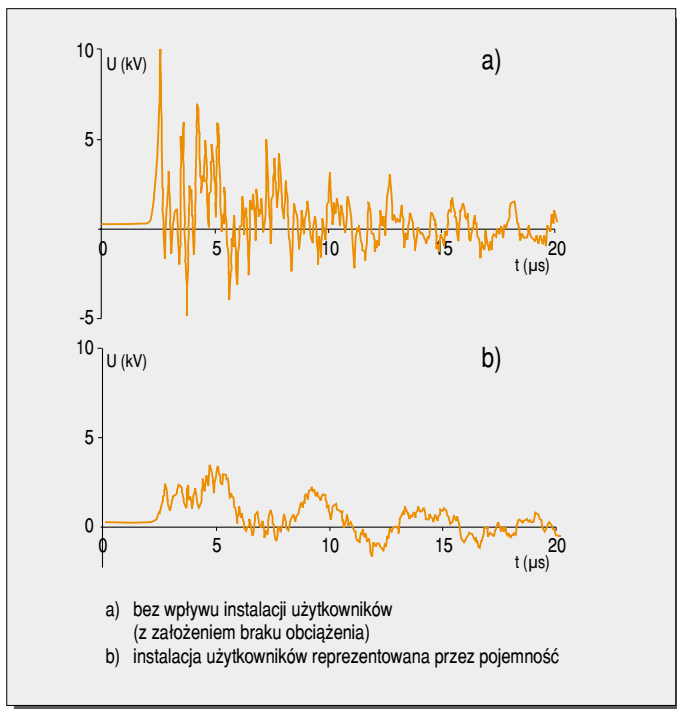
Przepięcia generowane w układach średnich napięć są przenoszone na stronę niskiego napięcia dwoma sposobami:

- przez sprzężenie pojemnościowe lub magnetyczne transformatora SN/nn
- przez sprzężenie z ziemią (patrz rysunek 4)

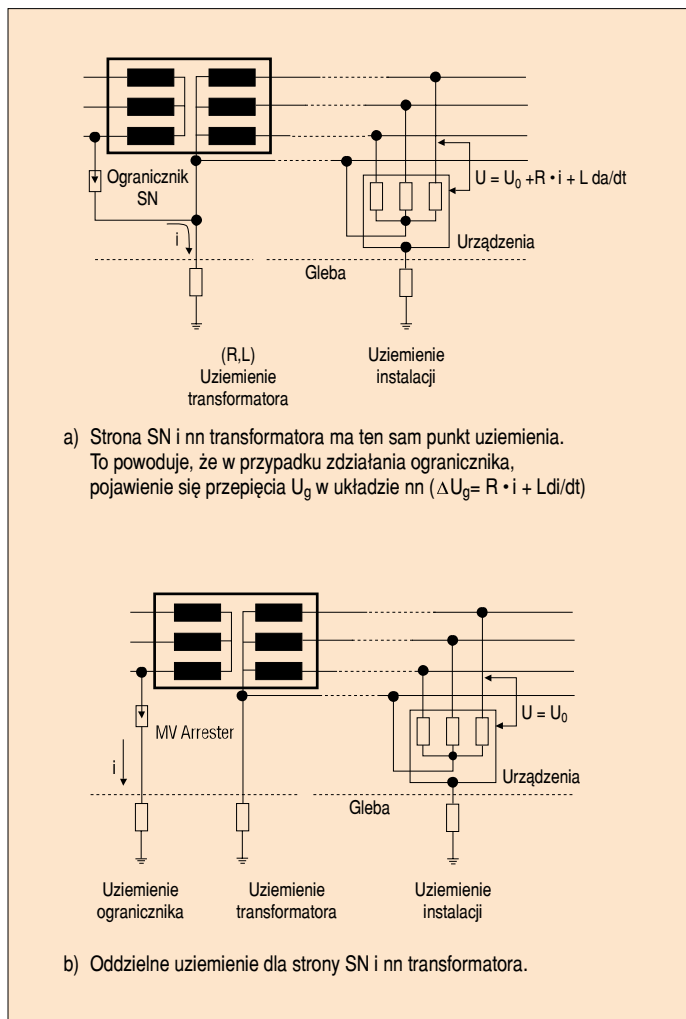
Rozmiary przenoszonego przepięcia zależą od wielu parametrów i kilka ważnych różnic może istnieć pomiędzy różnymi krajami, z powodu różnic w projektowaniu transformatorów i układów uziemienia niskiego napięcia (TT, TN, IT).



Rysunek 4
Przepięcia w układzie niskiego napięcia.



Rysunek 5a/5b
Typowy kształt napięcia przeniesionego na linię nn (przypadek obliczony).



Rysunek 6a/6b
Przebiegię po stronie nn spowodowane sprzężeniem z ziemią.

Składowe napięcia wysokiej częstotliwości są przenoszone pojemnościowo ze strony SN na stronę nn transformatora [4]. Rysunek 5a pokazuje typowy kształt fali napięcia przeniesionego na stronę nn. Napięcia transferowane charakteryzują się oscylacjami wysokiej częstotliwości, a naturalna pojemność obciążenia może bardzo skutecznie zredukować szczyt napięć jak pokazano na rysunku 5b. Wyliczone napięcia w podanym przykładzie osiągają wartość szczytową 10 kV (bez obciążenia, rysunek 5a), 3 kV (z obciążeniem, rysunek 5b). W przypadku bezpośredniego wyładowania w linię SN, działanie ograniczników napięć lub iskierników umieszczonych na izolatorach zmienia kierunek prądu wyładowczego poprzez układ uziemiający, i może wytworzyć sprzężenie rezystancyjne z ziemią pomiędzy układami SN a nn. Napięcie jest przenoszone do układu nn jak pokazano w typowym przypadku na rysunku 6a. W zależności od impedancji ziemi, to napięcie spowodowane sprzężeniem rezystancyjnym z ziemią może być znacznie wyższe niż spowodowane sprzężeniem pojemnościowym poprzez transformator. Separacja uziomów, jak na rysunku 6b, zapobiega temu problemowi. Praktycznie nie jest możliwa całkowita separacja systemów uziomowych, z powodu krótkich odcinków i przewodności ziemi.

2.5 Prawdopodobieństwo napięć

Częstotliwość wyładowań piorunowych do linii napowietrznych, lub w sąsiedztwie linii, zależy od lokalnej gęstości wyładowań, typu linii (w szczególności wysokości) i możliwych rezultatów ekranowania (osłonięcia) okolicy. Dla linii na otwartej przestrzeni liczba wyładowań może być obliczona jak poniżej:

$$N = A \times N_g \times 10^{-6}$$

$$A = 6 \times H \times L$$

A – rzeczywista powierzchnia gdzie występują wyładowania bezpośrednie w linię (w m²)

H – wysokość linii (w m)

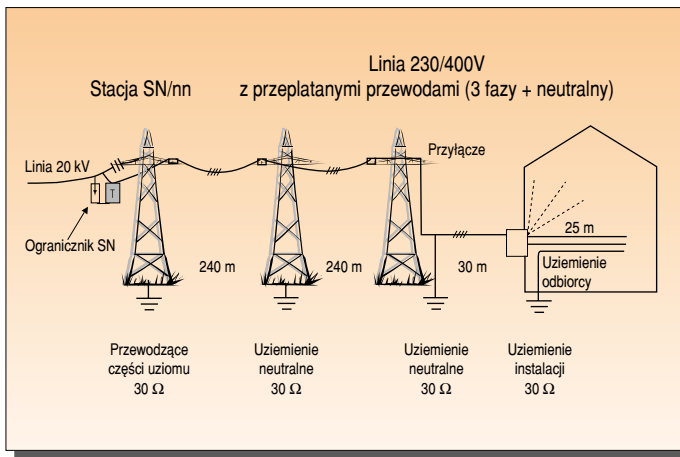
L – długość linii (w m)

N_g – lokalna gęstość wyładowań na km² rocznie

Dla linii o wysokości 5 m i założonej gęstości $N_g = 1$, N jest równe 0,03 na km linii rocznie, to oznacza 3 bezpośrednie wyładowania na 100 km linii w roku. To daje przybliżoną z grubszą ocenę liczby bezpośrednich wyładowań do linii napowietrznych nn.

Liczba indukowanych i przenoszonych napięć jest z pewnością znacznie wyższa niż napięć spowodowanych bezpośrednim wyładowaniem w linię. Szczególnie lokalna gęstość wyładowań i różne możliwości generowania napięć, włączając operacje łączeniowe, mają wielki wpływ na pojawiającą się liczbę niebezpiecznych napięć.

Na rysunku 7 jest podany typowy układ linii napowietrznej niskiego napięcia. Zaprezentowane wielkości są obliczone dla napięć indukowanych, które mogą być spodziewane w sieci, [3]. Gęstość wyładowań do ziemi została założona na poziomie 2,2 uderzeń na km² na rok, wszystkie obciążenia zostały zamodelowane poprzez niezależne od częstotliwości rezystory. Tabela 2 pokazuje obliczone wyniki. Ostatnia kolumna (>20 kV) pokazuje wysokie poziomy napięć, ale te pojawiają się tylko w przypadku wyładowania bezpośredniego w linię niskiego napięcia. Prawdopodobieństwo pojawienia się takich napięć jak w przykładzie jest raz na 22 lata. Ale napięcia w zakresie od 1,5 do 6 kV mogą pojawić się kilka razy w ciągu roku w linii niskiego napięcia, w zależności od typu instalacji.



Rysunek 7
Typowa sieć niskiego napięcia z przewodami napowietrznymi.

	> 1,5 kV	> 2,5 kV	> 4 kV	> 6 kV	> 20 kV
Nieobciążony układ TT	6	3	18	1	0,045
Obciążony układ TT	4	17	1	0,5	0,045
Obciążony układ IT	1	0,6	0,35	0,25	0,045

Tabela 2
Spodziewane poziomy przepięć pomiędzy fazą a ziemią w instalacji nn, pojawiające się na rok.

Uwaga 1: Liczby pokazane w tabeli zostały otrzymane dla układu przewodów izolowanych napowietrznych prowadzonych (skręconych) naprzemiennie. Dla układu rozdzielu z przewodami „gotymi” napowietrznymi, oczekiwane poziomy napięć mogą być dwa razy wyższe przy tym samym prawdopodobieństwie.

Uwaga 2: W niniejszym przykładzie, kiedy analizowany jest przypadek sieci TN, stwierdzono że wartość impedancji ziemi nie posiada znaczącego wpływu ponieważ punkt zerowy niskiego napięcia jest bezpośrednio połączony z ziemią.

3. Sieci niskiego napięcia

Na całym świecie istnieją bardzo różne sieci (układy) niskiego napięcia. Różnią się one układem napięć, liczbą przewodów, postępowaniem z punktem zerowym i procedurami ochrony. Napięcia znamionowe generalnie są przekazane w publikacji IEC 60038 (1983-01) i dodatkach: napięcia standardowe IEC.

3.1 Układy napięć w sieciach niskiego napięcia

Jak uwidoczniło w Tabeli 3, na całym świecie znajduje się różnorodność istniejących napięć. Standardowe napięcia w Europie, na przykład, są dane w [7]. System napięciowy, według uzgodnionego dokumentu, jest 230/400 V, gdzie 230 V jest napięciem fazowym, a 400 V jest napięciem międzyfazowym. Inne istniejące powszechnie napięcia w Europie to 240/415V i 220/380 V.

Biorąc pod uwagę dopuszczalną tolerancję 10%, najwyższe napięcia oczekiwane dla układu 400 V są:

$$U_{0max} = 253 \text{ V (napięcie fazowe)}$$

$$U_{Nmax} = 440 \text{ V (napięcie międzyfazowe)}$$

Napięcia fazowe wywodzące się z napięć znamionowych prądu przemiennego lub stałego mniejszych lub równych	Układy trójfazowe, czteroprzewodowe z uziemionym punktem neutralnym	Układy trójfazowe, trójprzewodowe nieziemione	Układy jednofazowe, dwuprzewodowe prądu stałego lub zmiennego	Układy jednofazowe, trójprzewodowe prądu zmiennego lub stałego
V	V	V	V	V
50			12,5 24 25 30 42 48	30-60
100	66/115	66	60	
150	120/208* 127/220	125, 120 127	110, 120	110-220 120-240
300	220/380, 230/400 240/415, 260/440 447/830	220, 230, 240 260, 277, 347 380, 400, 415 440, 480	220	220-440
600	347/600, 380/660 400/690, 417/720 480/830	500, 577, 600	480	480-960
1000		600 690, 720 830, 1000	1000	

* Spotykane w Stanach Zjednoczonych i Kanadzie

Tabela 3
Znamionowe napięcia obecnie używane na świecie

3.2 Kategorie izolacji

Koncepcja kategorii przepięciowych jest używana dla urządzeń zasilanych wprost z przewodów głównych niskiego napięcia. Poziomy izolacji są określone dla różnych kategorii (przepięć). Zgodnie z [6] definicje kategorii są następujące:

- Urządzenia kategorii przepięciowej IV są użytkowane na początku instalacji (tj. linie napowietrzne, kable, szyny, mierniki, podstawowe urządzenia zabezpieczające nadprądowe).
- Urządzenia kategorii przepięciowej III są urządzeniami w zamontowanych instalacjach i w przypadkach gdzie ich niezawodność jest przedmiotem specjalnych wymagań (tj. głównie zamontowana na stałe instalacja wewnętrzna).
- Urządzenia kategorii przepięciowej II są urządzeniami gospodarstwa domowego zasilanymi z zamontowanej na stałe instalacji (narzędzia, narzędzia przenośne i pozostały sprzęt AGD i podobne urządzenia).
- Urządzenia kategorii przepięciowej I są urządzeniami do podłączenia do obwodów w których są przedsięwzięte sposoby ograniczenia przepięć przejściowych do odpowiedniego niskiego poziomu (tj. chronione obwody elektroniczne).

Tabela 4 podaje cztery kategorie izolacji. Znamionowe napięcie udarowe określa zdolność wytrzymałości izolacji dla różnych kategorii, w zależności od napięcia fazowego układów pochodzących od napięć znamionowych przemiennych lub stałych, na podstawie IEC 60038.

Napięcia fazowe wywodzące się z napięć znamionowych prądu przemiennego lub stałego mniejszych lub równych V	Znamionowy uderzeniowy dla urządzeń V			
	Kategoria izolacji			
	I	II	III	IV
50	330	500	800	1 500
100	500	800	1 500	2 500
150	800	1 500	2 500	4 000
300	1 500	2 500	4 000	6 000
600	2 500	4 000	6 000	8 000
1 000	4 000	6 000	8 000	12 000

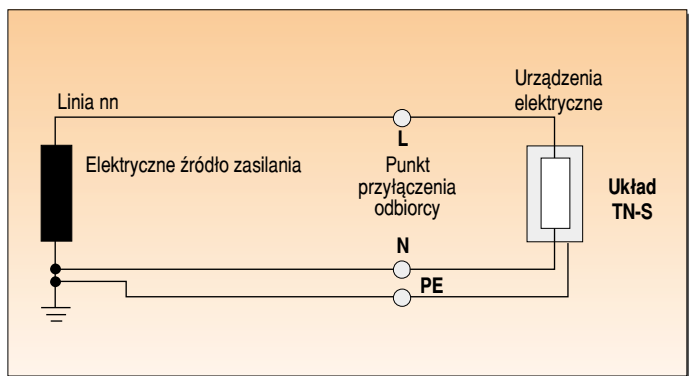
Tabela 4
Kategorie izolacji dla systemów niskiego napięcia

3.3 Układy uzimienia niskiego napięcia

Istnieje określona liczba metod realizacji połączenia uziomowego lub układu. Różne układy i definicje z norm są podane poniżej. Każda jest zdefiniowana przez oznaczenie które zawiera następujące symbole literowe:

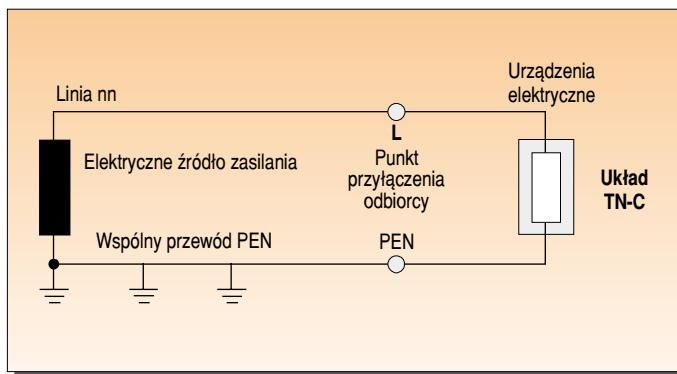
- T – uziemiony, bezpośrednie połączenie z ziemią
 - N – neutralny
 - C – wspólny (wspólna funkcja przewodu neutralnego i ochronnego)
 - S – separowany
- Różne zasady układów uzimienia są pokazane na rysunku 8. Dla uproszczenia są używane jednokreskowe schematy.

Układ TN-S (Rysunek 8a)
Strona zasilania posiada punkt połączenia pomiędzy punktem zerowym a ziemią tylko przy transformatorze zasilającym. Układ ten ma rozdzielone przewody: neutralny i ochronny.



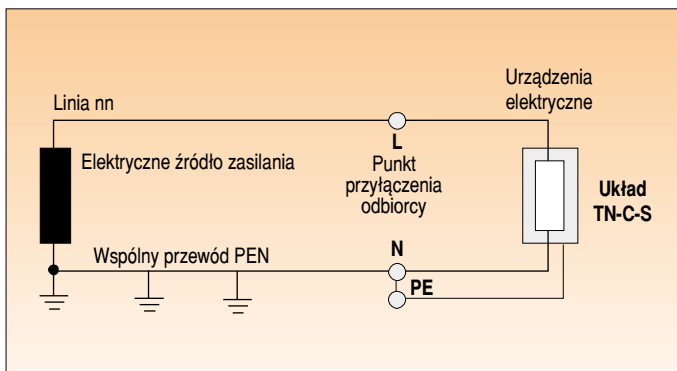
Rysunek 8a

Układ TN-C (Rysunek 8b)
Przewód neutralny i ochronny jest wspólny w granicach zabudowania, i są uziemione na transformatorze lub w jego pobliżu.

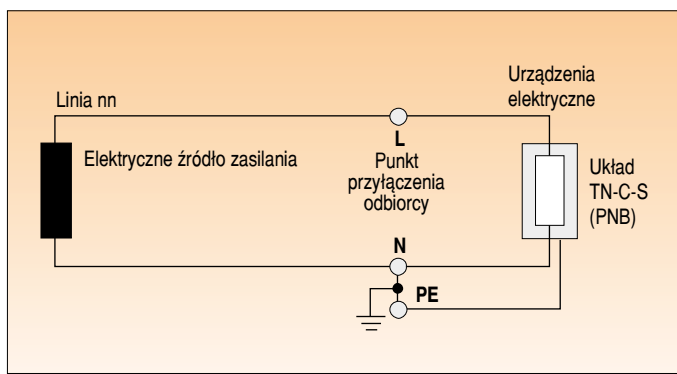


Rysunek 8b

Układ TN-C-S (Rysunek 8c)
Punkt zerowy jest uziemiony na źródle i w punktach sieci. Linia zasilająca posiada wspólny neutralny i ochronny przewód. Zasilanie w obrębie zabudowań odbiorcy miałyby oddzielne przewody uziomowy i ochronny, połączone jedynie w miejscu dostępnym dla obsługi (tzw. miejsce rozdziалу). Układ ochronnego połączenia neutralnego (ang. PNB) może być użyty do realizacji zacisku uziomowego połączonego z punktem zerowym zasilania. W tym układzie, punkt zerowy będzie połączony z ziemią jedynie w miejscu źródła zasilania, lub w bliskim punkcie zasilania odbiorców. Układ ten jest generalnie zastrzeżony do pojedynczych odbiorców z ich własną stacją transformatorową. Patrz rysunek 8d.

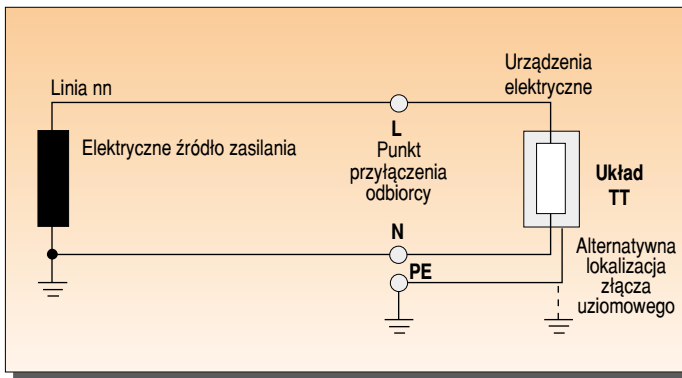


Rysunek 8c



Rysunek 8d

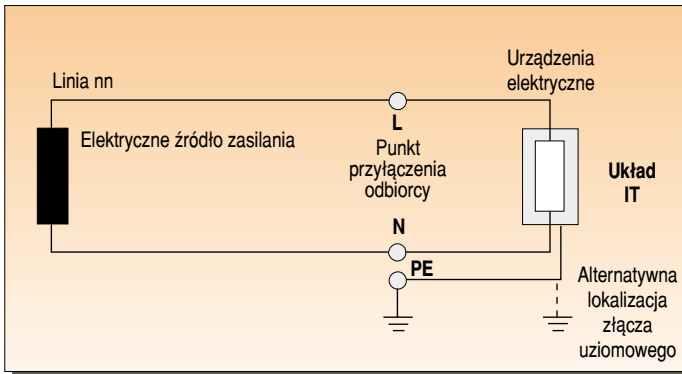
Układ TT (Rysunek 8e)
Transformator jest połączony bezpośrednio z ziemią, instalacja odbiorców jest uziemiona poprzez oddzielne uziomy. Są one niezależne od jakiegokolwiek uziomu strony zasilania.



Rysunek 8e

Układ IT (Rysunek 8f)

Ten układ nie posiada bezpośredniego połączenia pomiędzy częściami czynnymi a ziemią, ale dostępne części przewodzącej instalacji odbiorczej i jej urządzeń są uziemione.



Rysunek 8f

3.4 Przepięcia dynamiczne (TOV) w układach niskiego napięcia

W przypadku uszkodzenia po stronie średniego napięcia transformatora SN/nn, spowodowane zwarcie wewnętrznym transformatora lub przebiciem na iskierniku lub izolatorze, prąd przepływa przez impedancję uzimienia transformatora. W zależności od połączenia pomiędzy tą impedancją uzimienia a siecią niskiego napięcia przepięcie dorywcze o częstotliwości sieciowej może oddziaływać przez dany okres czasu, równy czasowi wyłączenia zwarcia w sieci średniego napięcia. To może nastąpić pomiędzy 10 μ s do kilku godzin. Dla szczegółowych rozważań dotyczących warunków przepięć dorywczych patrz IEC 60364 [8].

W zależności od sposobu uziemienia sieci niskiego napięcia różne przepięcia TOV mogą się pojawić. Tabela 5 podaje informacje o systemach branych pod uwagę i możliwych przepięciach TOV pomiędzy różnymi przewodami. Podane są dwie wartości TOV, minimalna wartość TOV dla 5 s, i TOV dla 0,2 s. Odpowiednie procedury prób są opisane w dodatku do IEC 61643-1 [9].

Procedura próby zależy od przewidywanego zastosowania SPD (urządzenia ochronnego przeciwprzepięciowego - symbol wg IEC 61643-1 - Surge Protection Device) w układzie instalacji zasilającej niskiego napięcia zgodnie ze wskazówkami dotyczącymi instalacji przekazany przez producenta.

4. Urządzenia ochronne przeciwprzepięciowe (SPD)

SPD są urządzeniami chroniącymi przed bezpośrednim i pośrednim działaniem pioruna lub innego przepięcia przejściowego. Zawierają one przynajmniej jeden nieliniowy komponent, który jest przeznaczony do ograniczenia przepięcia i odprowadzenia prądu wyładowczego. Roz-

SPD podłączone do:	Minimum U_T przez 5s:	Wartości TOV przez 0,2s [V]
Systemy TN		
Połączenie L (PE) lub L-N	$1,45U_0$	-
Połączenie N-PE	-	-
Połączenie L-L	-	-
Systemy TT		
Połączenie LPE	$\sqrt{3} U_0$	$1200V + U_0$
Połączenie L-N	$1,45U_0$	-
Połączenie N-PE	-	1200V
Połączenie L-L	-	-
Systemy IT		
Połączenie LPE	-	$1200V + U_0$
Połączenie L-N	$1,45U_0$	-
Połączenie N-PE	-	1200V
Połączenie L-L	-	-
Systemy TN, TT i IT		
Połączenie LPE	$\sqrt{3} U_0$	$1200V + U_0$
Połączenie L- (PE) N	$1,45U_0$	-
Połączenie N-PE	-	1200V
Połączenie L-L	-	-

Tabela 5

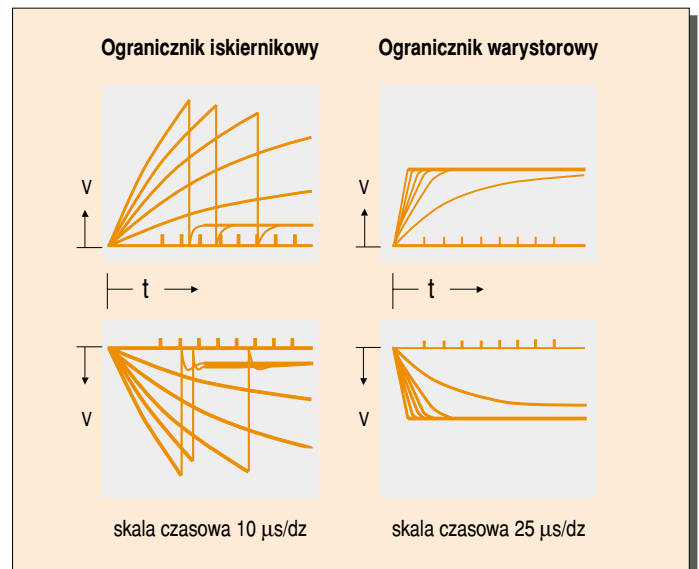
Wartości przepięć TOV w układach niskiego napięcia.

ważane SPD są typowo używane w układach zasilających niskiego napięcia, zapewniając ochronę od przepięstów transformatorów SN/nn aż do złącz w budynkach. W dalszym ciągu niniejszych wskazówek będziemy koncentrować się głównie na warystorowych, beziskiernikowych ogranicznikach przepięć (ograniczniki ZnO) do wewnętrznych i napowietrznych zastosowań.

4.1 Zasada funkcjonowania ograniczników przepięć

Istnieją dwie różne konstrukcje odnośnie ograniczników przepięć: typ ograniczający napięcie, i typ przelączający napięcie. Typ ograniczający napięcie jest nieliniowym rezystorem, generalnie warystorem, bez jakiegokolwiek przerwy iskiernikowej połączonej szeregowo. Typ ten czasami jest nazywany MOV, co jest skróttem od warystora z tlenków metali (metal oxide varistor). Typ przelączający napięcie jest iskiernikiem, lub iskiernikiem z rezystorem nieliniowym (ZnO lub SiC) połączonym szeregowo lub równolegle.

Rysunek 9 pokazuje zasadnicze różnice w funkcjonowaniu obydwu typów.



Rysunek 9

Różnica w funkcjonowaniu ograniczników iskiernikowych (po lewej), a beziskiernikowych ograniczników warystorowych (po prawej). Obydwa typy były testowane łączeniowymi udarami napięciowymi o kształcie 250/2500 μ s.

Skala napięcia jest taka sama w obu przypadkach, warto zauważyć iż w przypadku ograniczników warystorowych napięcie obniżone jest tylko połową wartości otrzymaną przez ograniczniki iskiernikowe (to samo U_c dla obu typów ograniczników).

Ograniczniki przepięć zawierające jedynie iskiernik, lub iskiernik z nieliniowymi rezystorami połączonymi szeregowo, mają tę wadę, że napięcie gwałtownie zmniejsza się kiedy urządzenie osiąga tzw. napięcie zapłonu. To bardzo wysokie du/dt może powodować problemy z kompatybilnością elektromagnetyczną w liniach przesyłu danych które są blisko linii zasilających, lub prowadzi do uszkodzeń w odbiorach indukcyjnych. Ponadto, napięcie zapłonu zależy od stromości przepięcia. Z powodu zapłonu łuku w iskierniku tylko przy wysokich poziomach napięć, może się zdarzyć że przepięcie „omija” ogranicznik przepięć, i urządzenia połączone dalej lub instalacje są poddane działaniu przepięcia.

Ograniczniki przepięć zawierające jedynie warystory ZnO nie posiadają napięcia zapłonu. Czas reakcji jest w zakresie 15 ns, i napięcie jest ograniczane zgodnie z silnie nieliniową charakterystyką elementu ZnO. „Omni-nięcie” ograniczników przez przepięcie w tym przypadku nie jest możliwe.

Zalety ograniczników warystorowych ZnO to głównie stały niski poziom ochrony niezależny od stromości i polaryzacji przychodzącego przepięcia, bardzo dobre zachowanie podczas starzenia, i wysoka wytrzymałość energetyczna. Możliwości koordynacji połączonych równolegle ograniczników ZnO są opisane w rozdziale 8.

4.2 Definicje

W nowej rodzinie norm IEC 61643 podane są specjalne wymagania dla ograniczników przepięć stosowanych w układach zasilających niskiego napięcia. Poniżej są podane najważniejsze definicje odnośnie [9], koncentrując się na beziskiernikowych ogranicznikach przepięć ZnO. Dla celów niniejszych wskazówek kilka definicji odnośnie [11] zostało dodanych.

Ograniczniki przepięć których dotyczą niniejsze wskazówki mają być połączone z obwodami zasilania prądu przemiennego 50/60Hz do 1000 V wartości skutecznej lub prądu stałego do 1500 V.

Urządzenie chroniące przed przepięciami (SPD)

Urządzenie, które jest przeznaczone do ograniczenia krótkotrwałych przepięć i bocznikowania prądów udarowych. Zawiera co najmniej jeden komponent nieliniowy.

Uwaga: jak wymieniono powyżej, w ramach niniejszych wskazówek jest to takie samo urządzenie jak ogranicznik przepięć, lub ogranicznik zwarc.

Znamionowy prąd wyładowczy I_n

Wartość szczytowa prądu płynącego przez SPD o kształcie 8/20 μs . Jest on używany do klasyfikacji SPD w próbach klasy II oraz do kondycjonowania SPD w próbach klasy I i II..

Prąd udarowy I_{imp}

Jest on definiowany za pomocą wartości szczytowej prądu I_{peak} i ładunku Q. Występuje w sekwencji badań próby działania. Jest używany do klasyfikacji SPD w próbach klasy I. Typowy kształt, który może być osiągnięty parametrami jest jednobiegowym udarem prądowym o kształcie 10/350 μs . Inny kształt lub kombinacja udaru jest akceptowana, dopóty, dopóki uzyskuje się wartość I_{peak} w ciągu 50 μs i ładunek Q w ciągu 10ms.

Maksymalny prąd wyładowczy I_{max} w próbach klasy II

Wartość szczytowa prądu płynącego przez SPD o kształcie 8/20 μs i wielkości zgodnie z sekwencją próby działania dla klasy II. I_{max} jest większy niż I_n i jest deklarowany przez producenta. Jest używany w próbie działania by udowodnić poprawne działanie i stabilność termiczną ogranicznika.

Maksymalne napięcie ciągłej pracy U_c

Maksymalna wartość skuteczna napięcia zmiennego lub maksymalne napięcie stałe, które może być przyłożone w sposób ciągły do SPD. Jest ono równe napięciu znamionowemu.

Znamionowe napięcie przemiennie systemu U_0

U_0 jest znamionowym zmiennym napięciem fazowym (wartość skuteczna).

Prąd ciągłej pracy I_c

Prąd płynący przez SPD przy każdym trybie ochrony, gdy jest on zasilany maksymalnym napięciem ciągłej pracy U_c dla każdego trybu.

Prąd następczy I_t

Prąd dostarczany przez system zasilania elektrycznego i płynący przez SPD po rozładowaniu udaru prądowego. Uwaga: prąd następczy jest znacznie uzależniony od konstrukcji ogranicznika. Dla ograniczników beziskiernikowych ZnO jest generalnie w zakresie kilkudziesięciu mA (maximum).

Prąd odniesienia ogranicznika I_{ref}

Prąd odniesienia jest wartością szczytową składowej rezystancyjnej prądu o częstotliwości sieciowej używany do określenia napięcia odniesienia ogranicznika. Prąd odniesienia powinien być wystarczająco wysoki aby posiadał przede wszystkim składową rezystancyjną, tak aby wpływ składowej pojemnościowej był nieznaczny. Prąd odniesienia jest określony przez producenta, i generalnie zawiera się w przedziale 1 mA do 10 mA, w zależności od wielkości przekroju warystora ZnO użytego w ograniczniku.

Napięcie odniesienia ogranicznika U_{ref}

Napięcie odniesienia ogranicznika jest wartością szczytową napięcia o częstotliwości sieciowej podzielonej przez pierwiastek z 2, która musi być przyłożona do ogranicznika aby uzyskać prąd odniesienia I_{ref} . Napięcie odniesienia przy danym prądzie odniesienia jest używane do określenia punktu charakterystyki napięciowo-prądowej ogranicznika w zakresie niskich prądów.

Napięciowy poziom ochrony U_p

Parametr który charakteryzuje działanie SPD w ograniczaniu napięcia na jego zaciskach, wybrany z listy wartości preferowanych. Jest to generalnie wartość gwarantowana podawana przez producenta.

Napięcie obniżone U_{res}

Wartość szczytowa napięcia, które występuje na zaciskach SPD w wyniku przepływu prądu wyładowczego.

Współczynnik ochrony U_p/U_c

Współczynnik ochrony pokazuje związek pomiędzy napięciowym poziomem ochrony U_p przy I_n a maksymalnym napięciem ciągłej pracy U_c . U_p jest podawane jako wartość szczytowa a U_c jest podawane w wartościach skutecznych. Niższy współczynnik U_p/U_c , to lepsza ochrona zapewniana przez ogranicznik.

Przepięcie dynamiczne

Maksymalna wartość skuteczna przepięcia przemiennego lub stałego które przekracza maksymalne napięcie pracy ciągłej sieci przez określony czas trwania.

Uwaga: Musi być jasna różnica pomiędzy przepięciem dynamicznym U_{TOV} pojawiającym się w sieci w danym miejscu, a przepięciem dynamicznym U_T które ogranicznik potrafi wytrzymać. Charakterystyki napięcia o częstotliwości sieciowej w funkcji czasu ogranicznika (charakterystyka TOV), dostarczana jest na życzenie przez producenta, i jest w układach niskiego napięcia zwykle używana tylko w przypadku ograniczników specjalnego zastosowania.

Udar kombinowany

Udar kombinowany jest dostarczany przez generator, który przykładają udar napięciowy 1,2/50 μs w otwartym obwodzie a udar prądowy 8/20 μs w zwartym obwodzie. Napięcie, amplituda prądu i kształty fali które są dostarczane do ogranicznika zależą od impedancji ogranicznika do którego udar jest przyłożony.

Rozbieganie termiczne

Warunki pracy, gdy wielkość strat mocy w SPD przekracza zdolność termicznego ich rozpraszania w konstrukcji i połączeniach, prowadząc do kumulacyjnego wzrostu temperatury elementów wewnętrznych kończącego się uszkodzeniem.

Stabilność termiczna

Ogranicznik jest stabilny termicznie jeśli po próbie działania wywołującej wzrost temperatury, temperatura ogranicznika maleje w czasie, gdy jest przyłożone do niego napięcie pracy ciągłej.

Degradacja

Zmiana pierwotnych parametrów pracy w wyniku oddziaływania na ogranicznik udaru lub niekorzystnych warunków środowiskowych.

Odłącznik

Urządzenie służące do odłączenia SPD od systemu w przypadku jego awarii. Odłącznik zapobiega trwałemu zakłóceniu w systemie i daje widzialne wskazanie awarii SPD.

Próby typu

Próby, które są wykonywane po zakończeniu opracowania nowej konstrukcji ogranicznika. Są one używane do określenia reprezentatywnego działania i do pokazania zgodności z odpowiednią normą. Próby te nie muszą być powtarzane, chyba że konstrukcja zmieniła się w taki sposób, że ma to wpływ na działanie urządzenia. W takim przypadku należy powtórzyć tylko odpowiednie próby.

Próby wyrobu

Próby wykonane na każdym ograniczniku lub na częściach i materiałach wymagane dla zapewnienia, że produkt spełnia specyfikację konstrukcyjną.

Próby odbiorcze

Próby, które są przeprowadzane w wyniku porozumienia pomiędzy producentem a nabywcą, na ograniczniku lub reprezentatywnych próbkach z zamówienia.

4.3 Klasyfikacja

W [9] urządzenia chroniące przed przepięciami (lub ograniczniki zwarć) są klasyfikowane ze względu na

- ilość portów (1 lub 2)
Jednoportowe urządzenie ma dwa zaciski, dwuportowe urządzenie ma cztery zaciski. urządzenie dwuportowe może zawierać wewnętrzne elementy odsprężające.
- topologia konstrukcji (typ przełączający, typ ograniczający, lub typ kombinowany)
- metodyka badań (klasa I, klasa II, lub klasa III prób)
- lokalizacja (napowietrzne lub wewnętrzne)
- dostępność (dostępne lub niedostępne)
- metoda montażu (stacjonarne lub przenośne)
- odłącznik (z lub bez)
- zabezpieczenie nadprądowe (określone lub nieokreślone)
- zakres temperatur (normalny lub rozszerzony)

Dopóki ograniczniki są instalowane w różnych miejscach układu lub instalacji spodziewane obciążenia mogą być różne. Dlatego, ograniczniki są klasyfikowane pod względem spodziewanych narażeń, i w rezultacie istnieją metody prób w trzech klasach. Patrz Tabela 6.

Klasa I prób jest przeznaczona dla symulacji częściowo przewodzących udarów prądowych. Ograniczniki podlegające metodom badań klasy I są generalnie zalecane do miejsc w punktach gdzie występuje wysoki poziom narażeń, np. wejścia linii do budynków chronionych poprzez ochronę wielostopniową.

Te urządzenia zwane są ogranicznikami prądu wyładowczego. Dodatkowo do informacji o znamionowym prądzie wyładowczym jest wymagana informacja o prądzie udarowym I_{imp} .

Klasa I	Klasa II	Klasa III
Odgromniki	Ograniczniki przepięć	Ograniczniki przepięć
Ochrona przeciwprzepięciowa w połączeniu z ochroną odgromową	Ochrona przeciwprzepięciowa zasilania	Ochrona przeciwprzepięciowa obwodów w głębi instalacji
I_{n} (10/350 μ s) 1 kA...20 kA	I_{n} (8/20 μ s) >0,05 kA...50k A	U_{n} (2 Ω)

Tabela 6

Klasyfikacja ograniczników niskiego napięcia. Podane wartości są typowymi danymi znamionowymi.

Ograniczniki badane zgodnie z metodami klasy II prób dotyczą generalnie udarów o krótszym czasie trwania niż ograniczniki klasy I. Typowym zastosowaniem jest ochrona przeciwprzepięciowa napowietrznych linii niskiego napięcia i kabli, jak również ochrona instalacji wewnętrznych. Spodziewane narażenia są pochodzące od bezpośredniego bądź pośredniego wyładowania w linię lub połączenie z linią kablową. Wymagane informacje dotyczą znamionowego prądu wyładowczego I_n maksymalnego prądu wyładowczego I_{max} .

Ograniczniki badane zgodnie z metodami klasy III prób dotyczą udarów o mniejszej energii niż to było w przypadku ograniczników klasy I i II. Znajdują zastosowanie w miejscach gdzie narażenia są stosunkowo mniejsze, głównie wewnątrz obiektów.

Informacja, która jest niezbędna dotyczący napięcia obwodu otwartego U_{oc} generatora udarów kombinowanych.

4.4 Warunki pracy

Normalne warunki pracy to

- przyłożone napięcie pracy ciągłej pomiędzy zaciskami ogranicznika nie powinno przekraczać jego maksymalnego napięcia trwałej pracy U_c
- częstotliwość pomiędzy 48 a 62 Hz napięcia przemiennego, lub na pięcie stałe
- wysokość aż do 2000m
- temperatury pracy i przechowywania
zakres normalny -5 do +40 st. C
zakres rozszerzony -40 do +70 st. C
- względna wilgotność aż do 90% dla warunków wewnętrznych temperatury

Ogranicznik wystawiony na działanie czynników atmosferycznych w warunkach anormalnych może wymagać specjalnego podejścia w zakresie konstrukcji i zastosowania tego ogranicznika a producent powinien zwrócić na to uwagę. Anormalne warunki mogą być bardzo wysoką lub niską temperaturą otoczenia, naprężeniami mechanicznymi, wstrząsem i wibracjami ... itd.

Dla ograniczników napowietrznych wystawionych na działanie promieniowania słonecznego, zabrudzenia w powietrzu, bardzo niekorzystnych warunków atmosferycznych, mogą być konieczne dodatkowe wymagania.

5. Ograniczniki przepięć niskiego napięcia

ZnO z ABB

Ograniczniki przepięć ZnO są produkowane z dwóch części: części czynnej, która zawiera warystor ZnO i obudowy izolacyjnej zawierającej zaciski.

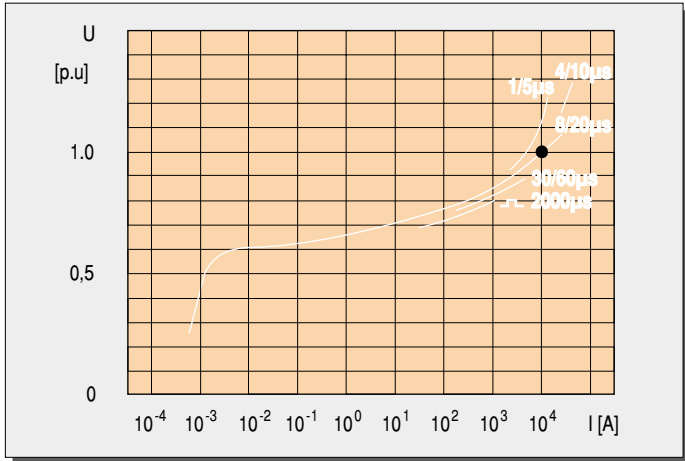
5.1 Warystory ZnO

Charakterystyka napięciowo-prądowa warystora tlenkowego jest silnie nieliniowa. Jest to powód dla czego konstrukcje ograniczników beziskierownikowych są stosowane [1], [10]. Rysunek 10 pokazuje typową charakterystykę ogranicznika ZnO z $I_n=10$ kA. Napięcie jest odniesione do napięcia obniżonego przy I_n .

Średnica warystorów ZnO decyduje o zdolności przewodzenia prądu, wysokość o napięciu i wielkości absorbowanej energii. Tabela 7 pokazuje główne dane warystorów ZnO. Materiał na warystory dla zastosowań nisko napięciowych jest taki sam jak w przypadku średniego i wysokiego napięcia.

Warystory ZnO są sprasowywane i spiekane w formie okrągłych bloków różnych tlenków metali w sproszkowanej formie.

Średnice warystorów z ABB dla zastosowań w niskim napięciu są pomiędzy 30 a 75 mm, pokrywając każde nawet najwyższe wymagania odnośnie energii. Wysokość bloków jest od 1mm do 10 mm, obejmując zakres napięć od 120 V napięcia zmiennego do 1500 V napięcia stałego. Dla specjalnych zastosowań są produkowane warystory o kształcie prostokąta.



Rysunek 10
Znormalizowana charakterystyka napięciowo-prądowa ograniczników przepięć ZnO z prądem $I_n=10$ kA.

Średnica warystora w mm	30	41	47	75
Znamionowy prąd wyładowczy I_n 8/20 μs w kA	5	10	10	10/20
I_{max} 8/20 μs zgodnie z II klasą prób w kA	25	40	32	50
I_{peak} (10/350 μs) zgodnie z I klasą prób	-	-	-	10
Wytrzymałość energetyczna w kJ/kV U_c	2,5	4,0	4,5	12,0

Tabela 7
Główne dane warystorów ZnO z ABB stosowane w ogranicznikach ABB w zastosowaniach w niskim napięciu. Wartości są podane takie jak otrzymano w próbie działania dowodzącej stabilności termicznej odpowiednich ograniczników przepięć. Inne wartości są możliwe do uzyskania wykorzystując inną konstrukcję ograniczników.

5.2 Ograniczniki ZnO

Dopóki istnieją bardzo różne zastosowania i wartości znamionowe ograniczników przepięć niskiego napięcia dopóty będą potrzebne różne rodzaje konstrukcji.

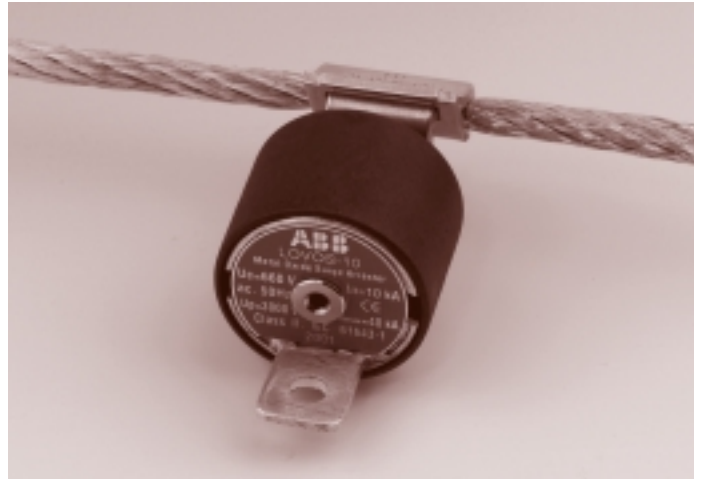
ABB oferuje wielką różnorodność typów ograniczników dla wszystkich rodzajów zastosowań.

Główna zasada konstrukcji jest zawsze taka sama: Warystor ZnO, jako część czynna i zaciski umieszczone w zalewanej w formie obudowie z materiału elektroizolacyjnego.

W zależności od zastosowania i danych znamionowych, kształt fizyczny i materiał osłonowy może być różny. Głównie, ograniczniki przepięć dla zastosowań napowietrznych (np. linie napowietrzne nn, transformatory SN/nn) mają obudowę z poliamidu, ograniczniki dla zastosowań napowietrznych i wewnętrznych (np. kolej) mają obudowę silikonową a ograniczniki starsze typem porcelanową. Wszystkie ograniczniki są zalewane aby były całkowicie szczelne.

Wszystkie używane materiały są odporne na promieniowanie ultrafioletowe i pracują dobrze w ekstremalnie niekorzystnych warunkach atmosferycznych.

Rysunki od 11 do 14 pokazują dobór różnych typów ograniczników przepięć ZnO z ABB.



Rysunek 11
Ogranicznik przepięć typu LOVOS. Typ ten został zaprojektowany dla zastosowań napowietrznych i może być używany w różnych warunkach atmosferycznych. Jest on dostępny z prądem $I_n=5$ kA lub 10 kA, z lub bez odłącznika. $U_c=280$ V, 440 V, 660 V.



Rysunek 12
Ogranicznik przepięć typu POLIM-R. Bardzo wysoka zdolność pochłaniania energii. Może być używany w sieci napięcia stałego i zmiennego. Typ ten, oprócz innych zastosowań, jest używany w sieciach trakcyjnej prądu stałego. Zakres U_c od 140 V do 1000 V napięcia stałego i od 110 V do 780 V zmiennego. Przebadany zgodnie z klasą prób I i II.



Rysunek 13
Ogranicznik przepięć typu MVR. Używany w układach niskiego napięcia i urządzeniach dla kolejnictwa. Dla zastosowań w układach napięcia zmiennego i stałego. Dostępny dla $I_n=5$ kA i 10 kA z napięciem $U_c=440$ V, 660 V i 800 V.



Rysunek 14
Ogranicznik przepięć typu MVR...ZS. Dla układów niskiego napięcia. Wyłącznie dla zastosowań wewnętrznych. Dostosowany do montażu na listwach DIN.
 $I_n=5$ kA, $U_c= 140V, 250 V$ i $440 V$.

5.3 Dane techniczne ograniczników

Tabela 8 prezentuje główne dane elektryczne ograniczników. Dane znamionowe są podane zgodnie z [9], patrz również definicja w rozdziale 4.2. Wszystkie opisane ograniczniki przepięć ZnO są typu ograniczającego napięcia. Zdolność pochłaniania energii, jak podano w tabeli, jest wartością uzyskaną w próbach podczas badań typu w próbie działania aby sprawdzić stabilność termiczną ogranicznika z przyłożonym maksymalnym napięciem ciągłej pracy. To nie jest wartość graniczna, która powodowałaby zniszczenie ogranicznika.

Typ ogranicznika	I_n	U_p/U_c	I_{max}	Wytrzymałość energetyczna
Klasa prób II dla układów napięcia zmiennego	8/20 μs kA		8/20 μs kA	kJ/kVU_c
LOVOS-5	5	4,1	25	2,5
LOVOS-10	10	4,1	40	4,0
POLIM R...1N	10	3,1	50	12,0
POLIMR...2N	20	3,1	100	24,0
Klasa prób II dla układów napięcia zmiennego i specjalnych zastosowań	I_n 8/20 μs kA	U_p/U_c	I_{max} 8/20 μs kA	Wytrzymałość energetyczna
MVR...-5	5	3,5	15	3,0
MVR...-10	10	3,64	32	4,5
MVR...ZS	5	3,5	15	3,0
Klasa prób I dla układów napięcia zmiennego i specjalnych zastosowań	I_n 8/20 μs kA	U_p/U_c	I_{imp} (10/350 μs)	
			I_{peak} kA	Ładunek Q As
POLIM-R...1N	10	3,1	10	5
POLIM-R...2N	20	3,1	20	10

Tabela 8
Główne dane elektryczne ograniczników przepięć ABB dla układów niskiego napięcia. Ograniczniki typu POLIM-R zostały zbadane na zgodność z obiema klasami I i II. Ograniczniki typu MVR i POLIM-R mogą być również używane w systemach prądu stałego, patrz rozdział 9.

6. Badania

Wszystkie badania na ogranicznikach przepięć ABB wykonuje się zgodnie z międzynarodowymi ustaleniami. Dla ograniczników przepięć niskiego napięcia w sieciach elektroenergetycznych obowiązującą normą jest IEC 61643-1. W niektórych wyjątkowych przypadkach, na przykład ograniczniki przepięć dla układów trakcji kolejowych napięcia stałego, stosowane są inne normy [2].

Norma IEC 61643-1 nie wymienia udaru prądowego granicznego 4/10 μ s i udaru prostokątnego z czasem trwania kilku ms. Udar prądowy graniczny 4/10 μ s, znany z IEC 60099-4 [11], był przeznaczony do zbadania wytrzymałości ogranicznika na bezpośrednie uderzenie pioruna w linię w bezpośredniej odległości od ogranicznika. Bezpośrednie wyładowanie i odpowiednie parametry są odwzorowane bardziej realistycznie poprzez udar prądowy limp, który jest używany do badania prądu wyładowczego ograniczników (klasa prób I). Udary prostokątne są generowane poprzez rozładowanie linii przesyłowych długich na kilkaset km. Taki kształt prądu, pochodzący od rozładowania linii nie jest odpowiedni dla sieci niskiego napięcia.

6.1 Próby typu

Próby typu są przeprowadzane po zakończeniu prac nad konstrukcją po to by sprawdzić działanie i określone parametry wyrobu. Próby typu są opisane szczegółowo w odpowiednich normach. W ramach niniejszego poradnika główne próby dla bezskierunkowych ograniczników ZnO dla zastosowań napowietrznych są opisane skrótowo. Generalnie każda seria prób jest przeprowadzana na trzech nowych próbkach. Próby są wykonywane na wolnym powietrzu w temperaturze otoczenia (20 st. C +/- 15 st. C).

Procedura próby pomiaru napięcia obniżonego przy prądzie wyładowczym 8/20 μ s.

Charakterystyka napięciowo-prądowa ograniczników ZnO jest mierzona przy udarze prądowym 8/20 μ s w zakresie 0,1 do 2-krotności I_n . Wynik jest podany w formie tabeli lub krzywej aby pokazać ochronne działanie w zależności od wielkości prądu.

Próba działania

Próba działania składa się z dwóch części: kondycjonowania i udowodnienia stabilności termicznej ogranicznika przepięć ZnO. Jest to próba, w której warunki pracy są symulowane poprzez przyłożenie określonej liczby udarów do ogranicznika przepięć ZnO, podczas kiedy znajduje się on pod maksymalnym napięciem pracy ciągłej U_c .

Dla próby kondycjonowania jest przyłożonych 15 udarów I_n w trzech grupach po 5 udarów do próbek, które są przyłączone do napięcia o wartości równej U_c . Każdy udar musi być zsynchronizowany z częstotliwością sieci. Począwszy od 0 st., kąt synchronizacji powinien być powiększany co 30 st. Przerwa pomiędzy udarami wynosi 1 min.; przerwa pomiędzy grupami udarów od 25 do 30 min. Z praktycznych przyczyn nie jest wymagane, aby próbka była pod napięciem w czasie przerw pomiędzy grupami udarów.

W próbie działania, samo badanie, np. aby sprawdzić stabilność termiczną, próbka jest pod napięciem U_c , a udary prądowe aż do I_{peak} (klasa prób I) lub I_{max} (klasa prób II) są przykładane. Napięcie o częstotliwości sieciowej jest przyłożone przez 30 min. po każdym impulsie aby zweryfikować stabilność termiczną. Przykładane udary prądowe powinny być dodatniej polaryzacji i powinny być inicjowane w zgodności z dodatnią wartością szczytową napięcia o częstotliwości sieciowej. Wartość udaru prądowego jest powiększana od 0,1 do 1,0 I_{peak} lub I_{max} . Wartości pośrednie to 0,25; 0,5; 0,75 I_{peak} lub I_{max} .

Ograniczniki pozytywnie przeszły próbę jeżeli stabilność termiczna została osiągnięta a napięcie obniżone przy I_n mierzone przed i po próbie nie zmieniło się więcej niż +/- 10%.

Próby odłącznika

Ograniczniki z wewnętrznym lub zewnętrznym odłącznikiem są badane razem w próbie działania. Podczas całej sekwencji procedury kondycjonowania i próby działania, odłącznik pozostaje w stanie braku zadziałania.

Próba stabilności termicznej (odłącznika)

Test ten pokazuje charakterystykę rozłączania i bezpiecznego zadziałania przeciążonych ograniczników przepięć z odłącznikami. Ogranicznik z odłącznikiem jest nagrzewany pod wpływem płynącego trwale prądu aż do osiągnięcia równowagi termicznej lub zadziałania odłącz-

nika. Jeśli odłącznik zadziała, powinien być jasny dowód skutecznego i trwałego rozłączenia poprzez to urządzenie. Temperatura powierzchni urządzenia podczas całej próby powinna być poniżej 120 st. C, i nie powinno być dowodów na istnienie spalonych lub wypadających części. Kryteria spełniające warunki próby zależą od klasyfikacji ogranicznika, np. czy jest wewnętrzny czy napowietrzny, dostępny czy niedostępny.

6.2 Próby specjalne

Dodatkowo do prób typu podanych w odpowiedniej normie, może być konieczne wykonanie prób pokrywających specjalne wymagania, (tj. długoterminowe zachowanie się warystorów ZnO lub zachowanie się materiału osłonowego pod wpływem niekorzystnych warunków atmosferycznych).

Próba przyspieszonego starzenia

Ta próba musi pokazać, że straty mocy ogranicznika w sieci pod wpływem przyłożonego napięcia pracy ciągłej nie rosną w czasie. Wzrost strat mocy prowadziłoby w czasie do rozbiegania termicznego a w konsekwencji do uszkodzenia ogranicznika.

W próbie przyspieszonego starzenia ma być badany cały ogranicznik pod zwiększonym obciążeniem, tj. podwyższoną temperaturą do + 115 st. C. Podczas całego okresu próby 1000 godzin, są mierzone straty mocy. Istotne jest to, że straty mocy nie rosną w czasie, a osiągnięta wielkość jest na niższym poziomie. Ponieważ materiał warystorów ZnO może wpływać na jego żywotność, jest ważne aby badać cały ogranicznik a nie tylko sam warystor. Próba musi być przeprowadzona przy napięciu przemiennym o częstotliwości sieciowej dla ograniczników przepięć przeznaczonych do układów napięcia przemiennego a przy napięciu stałym dla ograniczników przeznaczonych dla układów dla tego typu napięcia. Prób starzeniowych przeprowadzanych z napięciem zmiennym nie można zastosować w sieci napięcia stałego. Próba przyspieszonego starzenia jest przeprowadzana zgodnie z procedurą badań podaną w [11].

Wszystkie warystory ZnO z ABB lub ograniczniki przepięć, które mają być instalowane w sieci napięcia stałego, spełniają większość ścisłych wymagań ukierunkowanych na stabilność w czasie pod wpływem napięcia stałego.

Próba promieniowana UV

W regionach gdzie występuje ostre nasłonecznienie ważne jest określenie zachowania się materiałów polimerowych na promieniowanie ultrafioletowe. Energia promieniowania może naruszyć powierzchnię izolatora, wykonaną z tworzywa syntetycznego, a w rezultacie izolator może być poddany erozji i w końcu uszkodzić się. Materiały osłonowe ograniczników przepięć ABB (silikon, poliamid i PUR) mają wysoką wytrzymałość na promieniowanie UV w czasie trwania 1000 godzin.

Próba wnikania wilgoci

Ta próba jest przeprowadzana by pokazać szczelność konstrukcji przed przenikaniem wilgoci. Jest ona wykonywana zgodnie z [12]. Próbkę są trzymane w roztworze gotującej się wody z 1kg/m³ NaCl przez 42 godziny.

6.3 Próby wyrobu

Próby wyrobu są przeprowadzane na każdym ograniczniku przepięć lub jego części (tj. na warystorach ZnO) po to by stwierdzić że produkt ten spełnia wymagania zawarte w specyfikacji technicznej. Metoda badania i kryteria spełniające wymagania próby są określone przez producenta.

Wszystkie powyżej wymienione ograniczniki przepięć ZnO dla zastosowań w układach nn produkowane przez ABB są sprawdzane w 100% w próbach wyrobu. Na każdym ograniczniku jest mierzone napięcie od-

niesienia Uref przy określonym prądzie odniesienia Iref. Dodatkowo ograniczniki są sprawdzane na obecność wyładowań niezupełnych lub zakłócenia na stykach.

Aby zabezpieczyć stabilność w długim okresie czasu warystorów ZnO, pobierane są 2 warystory ZnO z każdej partii produkcyjnej i poddawane są skróconej próbie przyspieszonego starzenia.

6.4 Próby odbiorcze

Próby odbiorcze są wykonywane na podstawie uzgodnień pomiędzy producentem a klientem. Jeżeli próby odbiorcze są uzgodnione, są one przeprowadzane na najbliższej mniejszej ilości, która jest pierwiastkiem sześciennym z liczby wszystkich dostarczanych ograniczników przepięć.

Jeżeli inaczej nie wyspecyfikowano, w ramach prób odbiorczych są przeprowadzane następujące badania:

- weryfikacja identyfikacji poprzez oględziny zewnętrzne
- weryfikacja oznakowania poprzez oględziny zewnętrzne
- weryfikacja parametrów elektrycznych, na przykład powtórzenie prób wyrobu.

7. Dobór ograniczników przepięć ZnO

Do doboru ograniczników przepięć powinny być wzięte pod uwagę trzy parametry:

- napięcie pracy ciągłej (zwane też napięciem trwałej pracy) U_c
- napięciowy poziom ochrony U_p
- zdolność pochłaniania energii

Dodatkowo potrzebna jest informacja w jakiej konfiguracji połączeń i sieci powinna być zrealizowana ochrona. Tabela 9 pokazuje możliwe tryby ochrony, w zależności od rodzaju sieci niskiego napięcia.

W zależności od zastosowania i środowiska musi być podjęta decyzja czy odłącznik jest potrzebny, czy wymagania mechaniczne są spełnione (wibracje, wytrzymałość na szok mechaniczny, inne mechaniczne narażenia), i które warunki otoczenia muszą być wzięte pod uwagę (wzrost temperatury, promieniowanie słoneczne, deszcz, mgła solna, itd.).

SPD przyłączone pomiędzy:	Typ układu zasilania			
	TT	TN-C	TN-S	IT
Faza przewód zerowy	X		X	X*
Faza PE	X		X	X
Faza PEN		X		
Przewód zerowy PE	X		X	X*
Faza faza	X	X	X	X

* W przypadku kiedy przewód neutralny jest wydzielony

Tabela 9

Możliwe typy ochrony w układach niskiego napięcia.

7.1 Dobór U_c

Maksymalne napięcie pracy ciągłej U_c ogranicznika musi być dobrane ze względu na napięcia o częstotliwości sieciowej które mogą pojawić się w układzie niskiego napięcia. Maksymalne napięcie układu musi być wzięte pod uwagę, jak również przepięcia dynamiczne pojawiające się w sieci.

U_c powinno być równe bądź większe niż maksymalne napięcie o częstotliwości sieciowej U_{cs} pojawiające się w sieci.

$$U_c \geq U_{cs}$$

Zdolność wytrzymywania przepięć dynamicznych U_T ogranicznika musi być wyższa niż przepięcia dynamiczne U_{TOV} pochodzące z sieci.

$$U_T > U_{TOV}$$

Jeżeli uszkodzenie transformatora pojawi się w sieci SN z bezpośrednio uziemionym punktem zerowym, przepięcie dynamiczne U_{TOV} może osiągnąć wartość aż do 1200 V w sieci nn. Jest to w tym przypadku niemożliwe aby dobrać ograniczniki przepięć spełniające akceptowalny poziom ochrony. W takich wypadkach muszą być używane ograniczniki przepięć, które posiadają warunki bezpiecznej pracy przy przeciążeniach.

Biorąc pod uwagę górną tolerancję systemu na 10%, patrz rozdział 3.1 i [7], napięcie pracy ciągłej ogranicznika powinno być wybrane jak poniżej:

$$U_c \geq 1,1 \times U_n \quad \text{dla ograniczników połączonych pomiędzy fazy}$$

i

$$U_c \geq 1,1 \times U_n / \sqrt{3} \quad \text{dla ograniczników połączonych pomiędzy fazę a przewód neutralny bądź pomiędzy przewód neutralny a ziemię}$$

Jako standardowe wartości (wartości preferowane) dla układu napięć 220/380V, 230/400V, 240/415V (tabela 3), są proponowane następujące wartości dla U_c do zastosowań zewnętrznych w liniach napowietrznych:

$U_c = 280V$ dla ochrony pomiędzy fazą a przewodem neutralnym i pomiędzy przewodem neutralnym a ziemią (układy TT i TN)

$U_c = 440V$ dla ochrony pomiędzy fazą a przewodem neutralnym i pomiędzy przewodem neutralnym a ziemią (układ IT)

$U_c = 440V$ dla ochrony międzyfazowej (układy IT, TT, TN)

Ograniczniki przepięć ZnO z podanymi powyżej wartościami bądź pokrywać prawie wszystkie możliwe przepięcia dynamiczne w sieci niskiego napięcia z wystarczającym marginesem bezpieczeństwa, zapewniając tym samym dobry współczynnik ochrony U_p/U_c .

7.2 Dobór U_p

Celem ograniczników przepięć ma być ochrona instalacji lub szczególnych części wyposażenia elektrycznego przed przepięciami.

Przepięcia mogą uszkodzić izolację instalacji lub przyłączonych urządzeń jak transformatory, kable, silniki itd., i mogą prowadzić do nieprawidłowego działania lub uszkodzenia przyłączonych aparatów.

Poziom ochrony U_p ogranicznika musi być poniżej wytrzymałości udarowej urządzeń, które mają być chronione.

Wymagana wytrzymałość napięciowa udarowa dla czterech kategorii izolacji jest podana w tabeli 4. Dla czwartej kategorii IV (stała instalacja napowietrzna, np. przepusty po stronie nn, transformatora SN/nn poprzez linię napowietrzną do budynku) jest wymagane 6000V. Porównując tą wartość z poziomem ochrony $U_p = 1800V$ ogranicznika ZnO przy $I_n = 10$ kA, np. typu LOVOS z $U_c = 440V$ (tabela 8) pokazuje znakomitą ochronę izolacji zapewnioną przez ten ogranicznik.

Jednakże, musi być wzięte pod uwagę, że odcinek pomiędzy ogranicznikiem a chronionym urządzeniem (np. przekładnik lub miernik w budynku) ma wielki wpływ na przepięcie pojawiające się na chronionym urządzeniu. Jest to znane jako odcinek ochronny ogranicznika. Można przyjąć, że ogranicznik powinien być zainstalowany tak blisko chronionego urządzenia jak to możliwe.

W przypadkach kiedy wytrzymałość izolacji jest niższa niż wartości podane w Tabeli 4, lub przepięcia powinny być ograniczane do specjalnych wartości aby ochronić czułe urządzenia w specjalnych zastosowa-

niach, wtedy poziom ochrony U_p musi być przeliczony indywidualnie dla każdego przypadku.

Jako generalną zasadę doboru poziomu ochrony ogranicznika i maksymalnego dopuszczalnego napięcia udarowego w punkcie ochrony, powinno stosować się, że margines bezpieczeństwa wynosi przynajmniej 20%.

Ważnym parametrem charakteryzującym ogranicznik przepięć jest zależność pomiędzy poziomem ochrony U_p a maksymalnym napięciem pracy ciągłej. Ten współczynnik U_p/U_c zależy od używanej technologii i w przypadku ograniczników przepięć ZnO, od średnicy warystorów ZnO i znamionowego prądu I_n .

Dla ograniczników przepięć ZnO dostępnych dziś na rynku typowe wartościami U_p/U_c są w zakresie od 3 do 5.

Niższy współczynnik U_p/U_c ogranicznika oznacza bardziej skuteczne działanie ochronne ogranicznika. Odpowiednia konstrukcja ogranicznika jest potrzebna kiedy ograniczniki są połączone równolegle z innymi ogranicznikami w koordynacji.

7.3 Dobór zdolności pochłaniania energii (wytrzymałości energetycznej)

Zdolność pochłaniania energii ograniczników jest w zasadzie definiowana przez znamionowy prąd wyładowczy I_n i prąd wyładowczy I_{lim} dla klasy I ograniczników lub I_{max} dla ograniczników klasy II. Zgodnie z tabelą 6 ogranicznik musi być dobrany pod względem miejsca instalacji i przewidywanych narażeń lub wyładowań.

Dla klasy II ograniczników typowe wartości znamionowego prądu wyładowczego to $I_n = 5$ kA lub 10 kA. Tak długo jak nie ustalona jest zależność podana pomiędzy znamionowym prądem wyładowczym I_n a maksymalnym prądem wyładowczym I_{max} , obie wartości muszą być wyspecyfikowane.

Ze statystyk uderzeń piorunowych [5] wiadome jest, że około 95% prądów wyładowczych ma wartość szczytową do 14 kA a 5% aż do 80 kA. Biorąc pod uwagę, że w sieciach rozdzielczych niskiego napięcia, bezpośrednie wyładowanie nie uderza w jedną tylko fazę, ale we wszystkie trzy (ze względu na niewielkie odległości pomiędzy fazami) i że prąd wyładowczy rozchodzi się w obu kierunkach, prąd pioruna może być podzielony przez 6 (jako pierwsze przybliżenie). Zatem otrzymujemy 95% o wartości 2,3 kA i 5% o wartości 13 kA jako wartości szczytowe na jedną fazę (np. na jeden ogranicznik).

Porównując te wartości z danymi technicznymi ograniczników (Tabela 8), ogranicznik z $I_n = 5$ kA (pokrywa 95% przypadków) i $I_{max} = 25$ kA (pokrywa bardzo rzadko występujące 5% wartości) jest w pełni wystarczającym by poradzić sobie z pojawiającymi się narażeniami.

Dlatego, jako standardowy typ dla zastosowań napowietrznych w liniach, ograniczników ABB jest proponowany typ LOVOS-5 z

$$I_n = 5 \text{ kA} \text{ i } I_{max} = 25 \text{ kA}$$

Jeżeli są spodziewane wyższe narażenia pochodzące od wyładowań piorunowych, lub dla regionów z bardzo wysokim poziomem izokeraunicznym, jest proponowany typ LOVOS-10 z

$$I_n = 10 \text{ kA} \text{ i } I_{max} = 40 \text{ kA}.$$

Gdziekolwiek ogranicznik jest używany do ochrony urządzeń, które mogą magazynować energię, jak na przykład baterie kondensatorów, kable, indukcyjności w filtrach, itd, maksymalna wartość energii magazynowana w tych elementach powinna być użyta aby dobrać prawidłowo ogranicznik.

8. Koordynacja ograniczników przepięć

Wytrzymałość energetyczna ograniczników ZnO może być podniesiona przez łączenie warystorów ZnO równolegle [13]. Używając identycznej charakterystyki napięciowo-prądowej warystorów ZnO, nawet rozptył prądów (podział energii) może być osiągnięty. To jest możliwe na podstawie dokładnej klasyfikacji warystorów ZnO podczas prób wyrobu warystorów.

Jest możliwe aby połączyć dwa lub więcej warystory ZnO równolegle wewnątrz ogranicznika ZnO, lub połączyć dwa lub więcej ograniczniki przepięć ZnO równolegle po to by podnieść wytrzymałość energetyczną urządzenia. W ostatnim przypadku ograniczniki przepięć ZnO muszą być instalowane blisko siebie by przeciwdziałać efektom odsprężającym.

Druga możliwość koordynacji ograniczników przepięć ZnO jest pokazana na Rysunku 15. Trzy ograniczniki przepięć ZnO z nieznacznie różniącymi się charakterystykami napięciowo-prądowymi są skoordynowane w ten sposób, że ogranicznik A1 posiada najwyższą wytrzymałość energetyczną i najniższy napięciowy poziom ochrony U_p , ogranicznik A2 ma niższą zdolność pochłaniania energii niż A1 ale większy U_p , a ogranicznik A3 posiada znowu niższą wytrzymałość energetyczną a wyższy U_p niż A2.

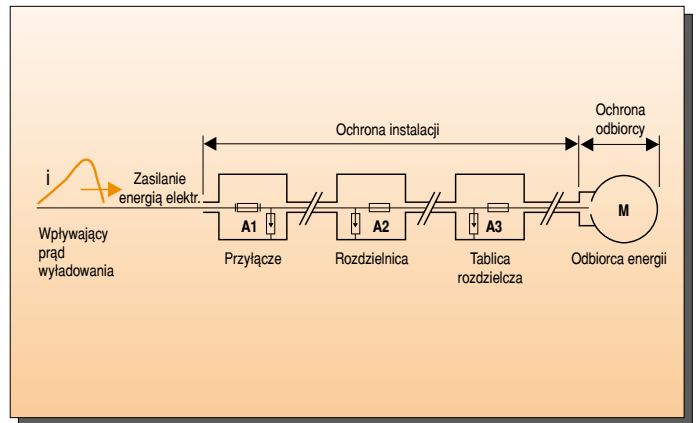
Na rysunku 16 są podane charakterystyki napięciowo-prądowe ograniczników A1 do A3. Pod wpływem tych samych obciążeń przepięciowych, ogranicznik przepięć A1 będzie przewodził większość prądu do ziemi na wejściu instalacji podczas gdy ograniczniki A2 i A3 będą otrzymywać dużo mniejsze obciążenia, ograniczając pojawiające się przepięcia w całej instalacji na niskim poziomie.

Rysunek 17 ilustruje zasadę ochrony. Podane wartości na Rysunku 17 są wynikami z pomiarów ze zrealizowanej instalacji budowy obrony cywilnej w Szwajcarii [14]. Rozpoczynając analizę z wprowadzonym prądem wyładowczym 23 kA (28/50 μ s) w pobliżu ogranicznika A1, w pierwszej skrzynce rozdzielczej zmierzony prąd wyładowczy był 0,4 kA, w drugiej skrzynce rozdzielczej zmierzono prąd 0,08 kA a w tablicy rozdzielczej prawie nie zanotowano żadnego prądu. Napięcie obniżone U_{res} w całej instalacji było poniżej 1,6 kV.

Ten przykład pokazuje skuteczność koncepcji ochrony z kilkoma stopniami w instalacji zasilania, realizowanymi ogranicznikami przepięć ZnO ze skoordynowanymi ch-kami napięciowo-prądowymi.

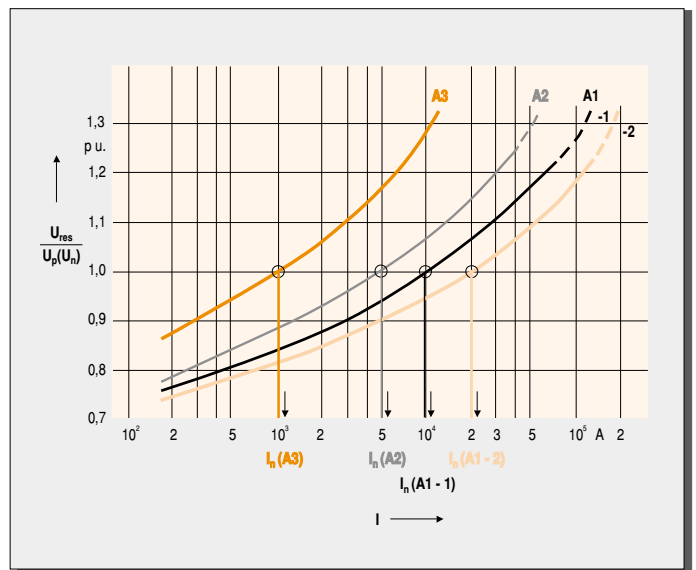
Budynki i konstrukcje wyposażone w systemy ochrony odgromowej (LPS), jak na przykład piorunochron, wymagają specjalnych pomiarów ochrony. Generalnie zakłada się, że wyładowanie bezpośrednie uderza w LPS, i że część prądu pioruna jest przenoszona do konstrukcji lub budynku. W takich wypadkach musi być wzięta pod uwagę koncepcja Strefowej Ochrony Przeciwpzepięciowej (LPZ). Koncepcja LPZ jest opisana na przykład w [15] i różnych innych publikacjach.

Koncepcja LPZ wymaga, że ograniczniki przepięć są instalowane zawsze kiedy linia elektryczna krzyżuje się z granicą dwóch stref. Te ograniczniki muszą być dobrze skoordynowane aby skutecznie redukować zagrożenie przepięciowe do poziomu wytrzymałości udarowej urządzeń chronionych. Dla tych koncepcji LPZ, która jest realizowana wewnątrz budynków, są używane różne rodzaje ograniczników przepięć, jako iskiernikowe, iskierniki gazowane, warystory ZnO, diody, i kombinacje tych elementów. Zasada jest ta sama jak wymieniona powyżej, wartość energii wyładowania musi być redukowana krok po kroku przez kaskadę urządzeń ochrony przeciwpzepięciowej. Cała struktura jest podzielona na serie LPZ, w ten sposób aby skutecznie redukować poziom wpływu od zagrożenia postawowym wyładowaniem do podstawowej odporności urządzeń elektronicznych.



Rysunek 15

Elementy i granice w systemie ochrony EMP z skoordynowanymi ogranicznikami przepięć. A1, A2, A3, patrz Rysunek 16.



Rysunek 16

Koordynacja charakterystyk napięciowo-prądowych różnych ograniczników przepięć ZnO.

Użyte ograniczniki do tego przykładu koordynacji to:

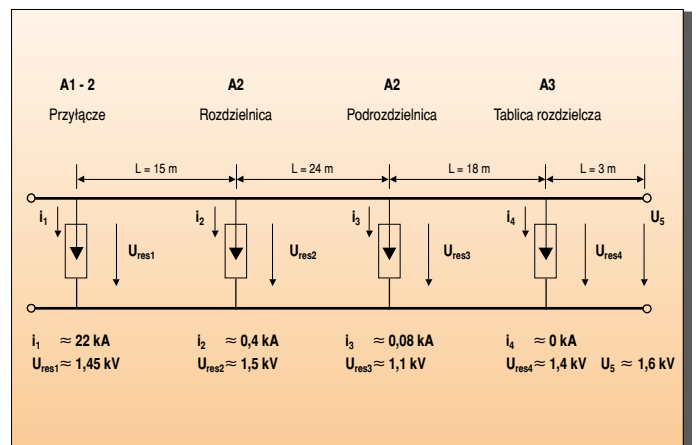
A1-2: Polim-R...2N z $I_n=20$ kA; $nU_p/U_c=3,1$; $E=24$ kJ/kV U_c

A1-1: Polim-R...1N z $I_n=10$ kA; $U_p/U_c=3,1$; $E=12$ kJ/kV U_c

A2: MVR...-5 z $I_n=5$ kA; $U_p/U_c=3,5$; $E=3,0$ kJ/kV U_c

A3: MR...ZS z $I_n=1$ kA; $U_p/U_c=4,25$; $E=0,6$ kJ/kV U_c

Ograniczniki typu Polim R i MVR są standardowo produkowanymi ogranicznikami przez ABB. Typ MR...ZS został specjalnie zaprojektowany zgodnie z istniejącymi specjalnymi wymaganiami dla wymienionej koncepcji koordynacji.



Rysunek 17

Rozptył prądu w chronionej od NEMP budowli obrony cywilnej. Zmierzono wartości prądu i napięcia. Ograniczniki A1-2 do A3 patrz rysunki 15 i 16. Wprowadzony prąd (przepięcie wchodzące) miał wartość szczytową około 23 kA.

9. Ograniczniki przepięć do układów napięcia stałego

Ograniczniki przepięć ZnO beziskiernikowe są specjalnie przeznaczone do zastosowań w układach niskiego napięcia prądu stałego, ponieważ nie przewodzą żadnego prądu następczego jak w przypadku iskiernikowych. Na podstawie silnie nieliniowej charakterystyki napięciowo-prądowej warystorów ZnO, prąd po ograniczeniu przepięcia natychmiast jest znów w zakresie poniżej 1mA. Nie jest konieczne gaszenie żadnego łuku prądu stałego.

Próby na ogranicznikach dla zastosowań w napięciu stałym są dyskutowane w grupie roboczej 5 IEC SC 37A. Tymczasem stosowane są próby wyrobu jak dla zastosowań w napięciu zmiennym. W szczególnych wypadkach klient powinien skontaktować się z wytwórcą w celu wyjaśnienia.

Jak wskazano w rozdziale 6.2 jest bardzo ważne aby warystory ZnO używane w ogranicznikach przepięć prądu stałego były testowane w próbach przyspieszonego starzenia pod napięciem stałym. Warystory ZnO dla napięcia przemiennego generalnie nie są stabilne długotrwale pod wpływem napięcia stałego.

Większość sieci prądu stałego są liniami trakcji kolejowej. Ograniczniki używane w tych liniach są opisane w [2]. Inne przykłady zastosowania dotyczą energoelektroniki, przemysłu chemicznego i transmisji danych.

Napięcie stałe może podlegać narażeniom pików napięciowych (tj. komutacja stacji konwerterowych) i może mieć silne fluktuacje napięciowe, powodując trudność w określeniu napięcia pracy ciągłej U_c . Dobór ograniczników ZnO dla zastosowań w trakcji kolejowej jest podany w [2]. Dla innych aplikacji w sieciach prądu stałego użytkownik powinien skontaktować się z wytwórcą w zakresie doboru odpowiednich ograniczników przepięć.

Typ ogranicznika	I_n	$U_p/U_c, d.c.$	I_{max}	Wytrzymałość energetyczna
Klasa prób II dla układów napięcia stałego	8/20 μs kA		8/20 μs kA	kJ/kV$_{U_c}$, d.c.
POLIM-H...ND	20	2,7	50	6,0
POLIM-R...1ND	10	2,4	50	6,0
POLIM-R...2ND	20	2,4	100	12,0
MVR...5	5	2,8	15	2,4
MVR...10	10	2,9	32	3,6
Klasa prób I dla układów napięcia stałego i specjalnych zastosowań	I_n 8/20 μs kA	$U_p/U_c, d.c.$	I_{imp} (10/350 μs)	
			I_{peak} kA	Ładunek Q As
POLIM-R...1ND	10	2,4	10	5
POLIM-R...2ND	20	2,4	20	10

Tabela 10

Główne dane elektryczne ograniczników przepięć ZnO ABB zastosowanych w sieciach prądu stałego.

Typ Polim H...ND jest bardzo wytrzymałym mechanicznie ogranicznikiem, specjalnie przeznaczonym do systemów trakcji kolejowej. Maksymalne napięcie pracy ciągłej U_c dla typów POLIM-R...ND jest w zakresie od 140 V do 1000 V, oferując wielką różnorodność zastosowań.

10. Instalacja ograniczników przepięć

Do instalacji ograniczników przepięć stosuje się wymagania i przepisy krajowe. Ograniczniki przepięć dla zastosowań napowietrznych są w wielu przypadkach poza zasięgiem tychże przepisów. Stopień IP ograniczników przepięć zależy od użytych akcesoriów.

ABB oferuje różnorodność akcesoriów dla różnych metod instalacji, w tym w pełni izolowane końcówki. O szczegóły prosimy skontaktować się z ABB.

Jako generalną zasadę przyjmuje się, że ograniczniki przepięć powinny być instalowane tak aby niedopuszczyć dla trwałego naprężenia mechanicznego zacisków. Jedna końcówka powinna być połączona z elastycznym przewodem. Nie jest ważne czy jest to strona liniowa czy uziomowa, chociaż normalnie, połączenie zacisku uziomowego jest elastyczne.

Tak długo jak ograniczniki przepięć ZnO mają symetryczną charakterystykę z elektrycznego punktu widzenia jest nie ważne która końcówka jest połączona z linią a która z uziemieniem.

Dla optymalnej ochrony, ogranicznik powinien być instalowany tak blisko jak to możliwe urządzenia, które chroni, z połączeniami możliwie najkrótszymi.

Bibliografia

- [1] Application Guidelines Overvoltage Protection
Dimensioning, testing and application of metal oxide surge arresters in medium voltage networks, 3rd revised edition July 1999. ABB High Voltage Technologies Ltd. Wettingen / Switzerland
- [2] Application Guidelines Overvoltage Protection
Dimensioning, testing and application of metal oxide surge arresters in railway facilities, 1st edition June 2000. ABB High Voltage Technologies Ltd. Wettingen / Switzerland
- [3] J.Huse; Compact Course: Lightning Surge Protection in Low Voltage Electric Power Distribution Systems, Including Consumers Installations and Equipment.
V Instrnational Symposium on Lightning Protection, Sao Paulo – Brazil, May 17th – 12st 1999
- [4] C. Mirra, A. Porrini, A. Ardito, C.A. Nucci; Lightning Overvolatges in Low Voltage Networks. 14th CIRED Conference, Birmingham, U.K., June 1997
- [5] Joint CIRED/CIGRE Working Group 05: Protection of MV and LV networks against lightning. Part I: Basic Information. 14th CIRED Conference, Birmingham, U.K., June 1997
- [6] International Standard IEC 61643-1, Edition 1.1 (2000-04); Insulation coordination for equipment within low-volatge systems – Part 1: Principles, requirements and tests
- [7] CENELEC publication HD 472 S1 (1988); Nominal voltages for low voltage public electricity supply systems
- [8] Insternational Standard IEC 60364-4-442 (1993-03); Electrical installations of buildings – Part 4: Protection for safety-Section 442: Protection of low-voltage installations against faults between high-voltage systems and earth
- [9] International Standard IEC 61643-1, First edition, 1998-02; Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems –Part 1: Performance requirements and testing methods
- [10] F. Greuter, R. Perkins, M. Rossinelli, F. Schmuckle; The metal-oxide resistor – at the heart of modern surge arresters. ABB Review 1/89
- [11] International Standard IEC 60099-4: Surge arresters – Part 4: Metal-oxide surge arresters without gaps for a.c. systems
- [12] Amendment 2 to IEC 60099-4; IEC TC 37/231/CDV
- [13] B. Richter, W. Schmidt, K. Tanner; Protection against high energy surges with MO-surge arresters: a new concept for low voltage systems. 10th International Zurich Symposium on electromagnetic compability 1993. Paper 70K5, pages 383 to 388.
- [14] K. Tanner, P. Bertholet, B. Richter, W. Schmidt; NEMP-Protection in the Energy-Supply of Civil Defence Constructions. Federal Office of Civil Defence, Material Division. CH-Bern, August 1992.
- [15] P. Hasse, P. Zahlmann, J. Wiesinger, W. Zischank; Principle for an advanced coordination of surge protective devices in low voltage systems. 22nd ICLP 1994, Budapest, paper R5-04.



ABB Sp. z o.o.

Dywizja Energetyki

ul. Leszno 59

06-300 Przasnysz

Telefon: Centrala (0 29) 75 33 200

Biuro Sprzedaży: (0 29) 75 33 223, 75 33 227, 75 33 222

Telefax: (0 29) 75 33 329, 75 33 327, 75 33 328

www.abb.pl

