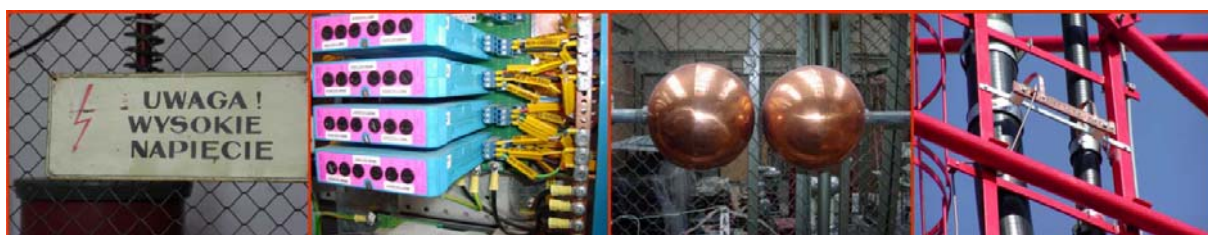


dr hab. inż. Andrzej Sowa

Urządzenia do ograniczania przepięć typu 2 w instalacji elektrycznej w obiektach budowlanych



Białystok 2005

URZĄDZENIA DO OGRANICZANIA PRZEPIĘĆ TYPU 2 W INSTALACJI ELEKTRYCZNEJ W OBIEKTACH BUDOWLANYCH

Przeznaczeniem urządzeń do ograniczania przepięć SPD (ang. Surge Protective Device) jest ochrona instalacji i urządzeń przed działaniem przepięć atmosferycznych indukowanych, przepięć wewnętrznych oraz przed bezpośrednim oddziaływaniem części prądu piorunowego [23,31,33].

Urządzenia do ograniczania przepięć stosowane w sieciach rozdzielczych niskiego napięcia wewnątrz obiektów budowlanych zawierają, co najmniej, jeden element nieliniowy „ucinający przepięcie” lub ograniczający jego wartość szczytową. Podstawowe informacje o właściwościach typowych urządzeń zawierających elementy nieliniowe zestawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Charakterystyka urządzeń do ograniczania przepięć stosowanych w sieci elektroenergetycznej niskiego napięcia [23,31]

Typ SPD	Właściwości
Ucinający napięcie	Duża impedancja przy braku przepięcia, która zmniejsza się gwałtownie w odpowiedzi na występowanie udaru napięciowego. Elementy stosowane do „ucinalnia napięcia” - iskierniki *, rury gazowe, tyrystory i triaki.
Ograniczający napięcie	Duża impedancja przy braku przepięcia, która zmniejsza się w sposób ciągły w miarę wzrostu prądu udarowego i napięcia. Podstawowe elementy - warystory* i diody ograniczające.
Kombinowany	Zawiera zarówno element ucinający napięcie jak i element ograniczający napięcie i mogą ucinać napięcie, ograniczać napięcie lub spełniać te obie funkcje w zależności od charakteru doprowadzonego napięcia (np. równoległe lub szeregowe połączenie iskiernika z warystorem).
* najczęściej stosowane elementy,	

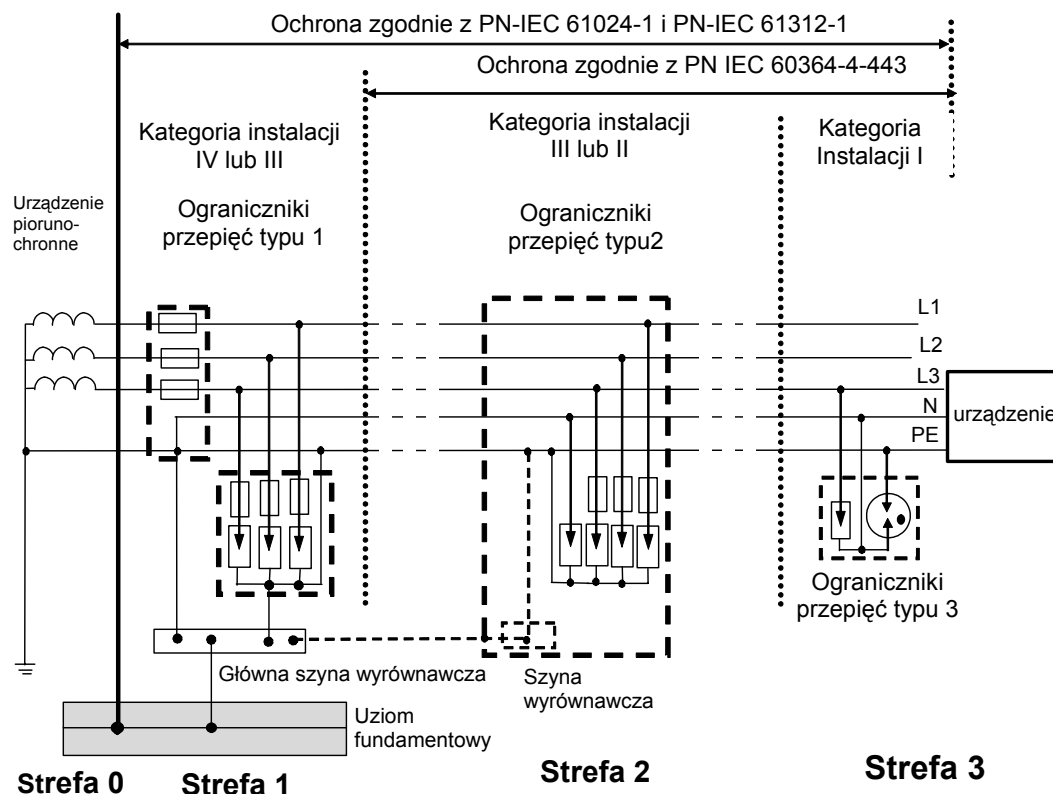
W zależności od przeznaczenia, urządzenia do ograniczania przepięć powinny być poddane próbom klasy I, II lub III. Właściwości różnych typów urządzeń oraz ich przeznaczenie w zależności od klasy próby przedstawiono w tabeli 2.

Tab. 2. Przeznaczenie urządzeń do ograniczania przepięć w zależności od klasy próby [23,31,34]

Klasy prób SPD	Przeznaczenie
Klasa I	Ochrona przed bezpośrednim oddziaływaniem części prądu piorunowego, przepięciami atmosferycznymi oraz wszelkiego rodzaju przepięciami łączeniowymi, wyrównywanie potencjałów instalacji wchodzących do obiektu budowlanego.
Klasa II	Ochrona przed przepięciami atmosferycznymi indukowanymi, wszelkiego rodzaju przepięciami łączeniowymi lub przepięciami „przepuszczonymi” przez urządzenia ochrony przepięciowej badane zgodnie z wymaganiami klasy I.
Klasa III	Ochrona przed przepięciami atmosferycznymi indukowanymi i przepięciami łączeniowymi powstającymi w instalacji elektrycznej wewnątrz obiektu budowlanego.

Urządzenia do ograniczania przepięć badane zgodnie z wymogami poszczególnych klas będą w dalszej części opracowania nazywane **ogranicznikami przepięć typu 1, 2 lub 3**.

Ogólna zasadę rozmieszczania ograniczników przepięć różnych typów w instalacji elektrycznej w obiekcie budowlanym w zależności od strefy zagrożenia piorunowego oraz kategorii instalacji przedstawia rys. 1.



Rys. 1. Przykład wielostopniowego systemu ograniczania przepięć w instalacji elektrycznej w obiekcie budowlanym

1. Ograniczniki przepięć typu 2

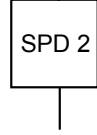
Zadaniem ograniczników przepięć typu 2 jest ograniczanie przepięć do wartości odpowiadającej I lub II kategorii wytrzymałości udarowej. Najczęściej wymagane jest ograniczanie przepięć poniżej **1,5 kV**, gdyż takie wartości przepięć wytrzymuje większość urządzeń elektrycznych i elektronicznych.

Typowe zadania ograniczników typu 2, miejsca ich montażu oraz zakres badań zestawiono w tabeli 3. Zalecanym kształtem prądów wyładowczych znamionowego i_n i największego i_{max} stosowanych do badań ograniczników typu 2 jest udar o czasie narastania czoła $8 \mu s$ i czasie trwania do półszczytu na grzbiecie $20 \mu s$.

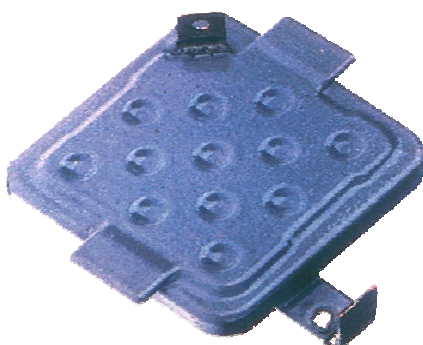
Wartości szczytowe prądu i_n , który może wielokrotnie przepłynąć przez ogranicznik przepięć typu 2 nie powodując jego uszkodzenia, są wybierane z następującego szeregu wartości: **0,05; 0,1; 0,25; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 5,0; 10; 15 i 20 kA** [23,31]. Największy prąd wyładowczy i_{max} powinien być większy od prądu znamionowego i_n .

Do budowy ograniczników przepięć typu 2 najczęściej stosowane są zmiennie-oporowe elementy półprzewodnikowe-warystory (rys. 2a). Po zamontowaniu ograniczników na ich zaciskach panuje napięcie fazowe i przez warystory płyną prądy o niewielkich wartościach (poniżej 1 mA).

Tab. 26. Zadania, miejsca montażu oraz wymagany zakres badań ograniczników typu 2

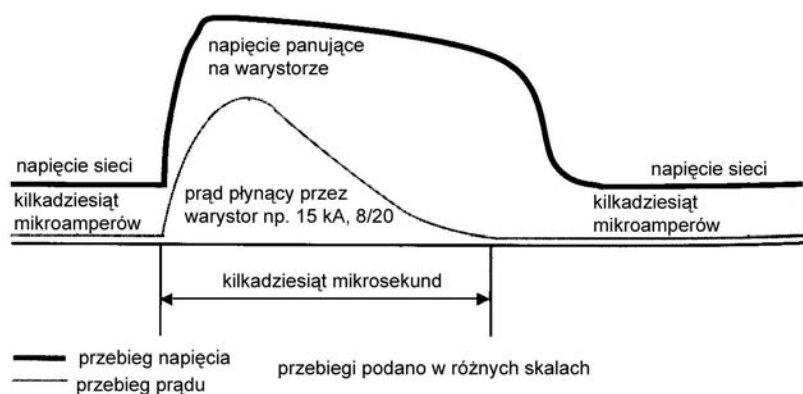
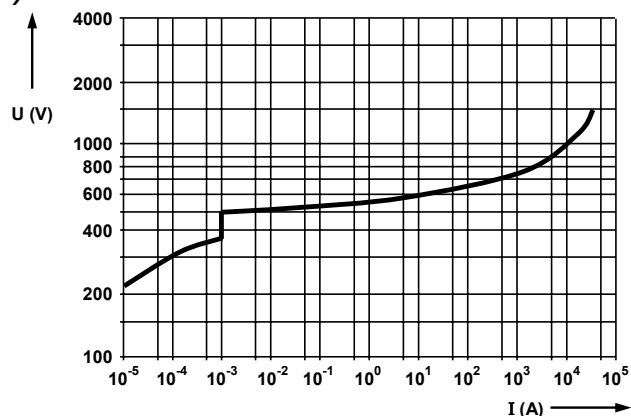
Parametr	Charakterystyka		
Zadanie	Ograniczanie przepięć pomiędzy: • przewodami falowymi L1,L2,L3 i przewodem ochronnym PE, • przewodami neutralnym N i ochronnym PE.		
Montaż	Na szynie 35mm lub w gniazdach bezpiecznikowych w miejscach rozgałęzienia instalacji elektrycznej wewnątrz obiektu budowlanego (rozdzielnice główne, rozdzielnice oddziałowe, tablice rozdzielcze).		
Zakres badań próby klasy II	Podstawowe badania: • znamionowym prądem wyładowczym i_n, • największym prądem wyładowczym i_{max}, • napięciem udarowym 1,2/50.		
Typowe oznaczenie	 Ogranicznik typu 2 Ogólne	 Ogólne, ogranicznik warystorowy	 warystor

a)



c)

b)



Rys. 2. Ograniczniki przepięć typu 2 ; a) widok warystora, b) charakterystyka napięciowo-prądowa warystora, c) przebieg napięcia na ograniczniku warystorowym i płynącego w nim prądu

Przykładowe przebiegi napięć na ograniczniku typu 2 wywołane przez przepływ prądu udarowego o kształcie 8/20 przedstawiono na rys. 2c.

Do ograniczania przepięć można również stosować ograniczniki składające się z szeregowo połączonego warystora i iskiernika. Ograniczniki o takim układzie połączeń elementów ograniczających przepięcia są stosowane w instalacji elektrycznej, w której nie powinny występować prądy upływu, nawet o niewielkich wartościach.

Przebiegi napięcia panującego na ograniczniku iskiernikowo-warystorowym typu 2 oraz płynącego w nim prądu przedstawiono na rys. 3.

Typowy ogranicznik może być konstrukcją zwartą lub składającą się z podstawy umożliwiającej montaż oraz wyjmowanego modułu z warystorem.

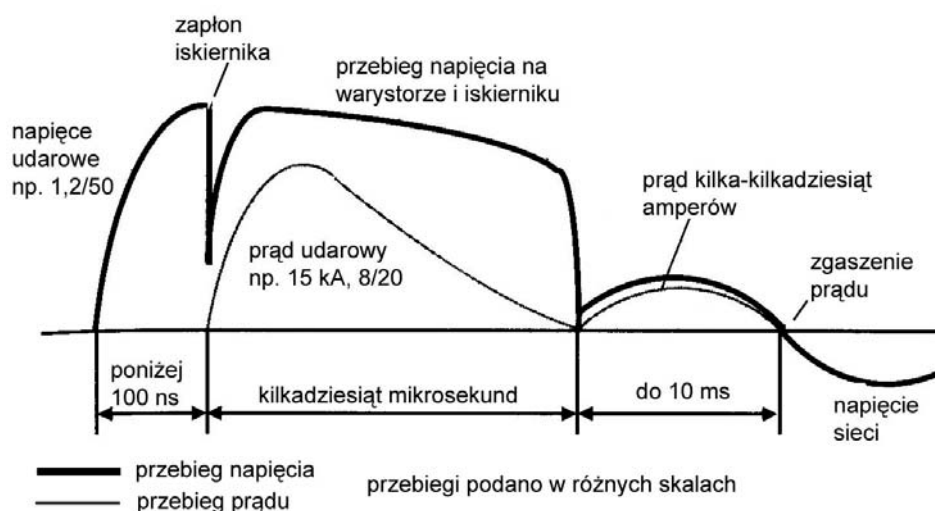
W zależności od rozwiązania montażowego, ograniczniki typu 2 można podzielić na dwie grupy:

- wielopolowe – wykonywane do podstawowych systemów sieci trójfazowej, składające się z podstawy oraz wymiennych modułów, montaż na szynie 35 mm
- jednopolowe - produkowane zarówno do montażu na typowej szynie 35mm lub w gniazdach bezpiecznikowych.

W celu uniknięcia przerw w zasilaniu urządzeń wymagane jest samoczynne odłączanie uszkodzonych ograniczników typu 2. Zadanie to wykonują różnorodne „urządzenia odłączające” instalowane przez producentów wewnątrz ograniczników.

Informację o uszkodzeniu ogranicznika i jego „odłączeniu” wskazuje:

- zmiana koloru w „okienku kontrolnym” w przypadku ograniczników instalowanych na szynie 35mm,
- zwiększenie długości dodatkowego bolca, który posiadają ograniczniki montowane w gniazdach bezpiecznikowych.



Rys. 3. Przebieg napięcia i prąd płynący w ograniczniku składającym się z szeregowego połączenia warystora i iskiernika oraz płynącego w nim prądu

Ogranicznik może również posiadać dodatkowy zestaw zwierno-rozwierny (przełączalny) umożliwiający tworzenie obwodu elektrycznego, którego elementy (np. głośniki, lampki) sygnalizują jego uszkodzenie w miejscu dowolnie wybranym przez użytkownika.

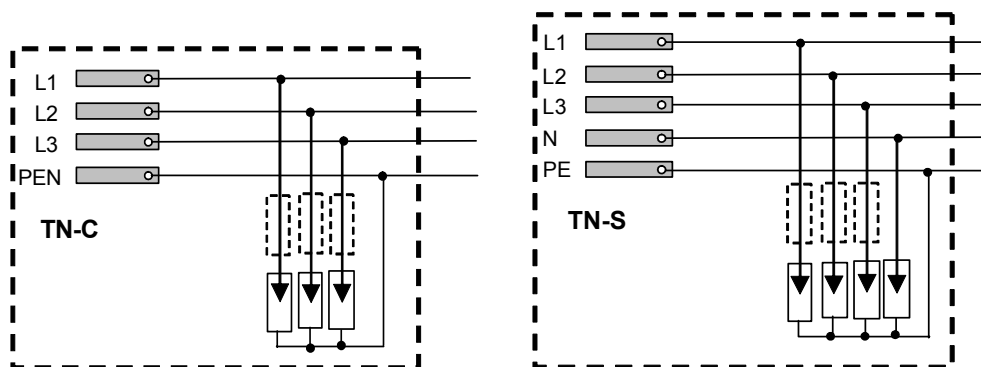
Podczas badania izolacji instalacji elektrycznej ograniczniki przepięć typu 2 należy odłączyć lub wyjąć moduły w warystorami.

2. Zasady doboru i montażu ograniczników typu 2

Ogranicznik przepięć typu 2 mogą być instalowane na wejściu instalacji elektrycznej do obiektu budowlanego (najczęściej w obiektach bez instalacji piorunochronnej) lub jako drugi stopień ograniczania przepięć (obiekty posiadające instalację piorunochronną).

Układy połączeń ograniczników przepięć typu 2 są analogiczne, jak w przypadku ograniczników typu 1.

W przypadku ich stosowania w drugim stopniu ograniczania w systemie sieci TN wskazane jest łączenie ograniczników z przewodem PE (rys. 4).



Rys. 4. Układy połączeń ograniczników typu 2 w systemie sieci TN

Koordynując współdziałanie ograniczników przepięć typu 2 i urządzeń różnicowoprądowych należy, uwzględnić następujące uwagi:

- wzajemne rozmieszczenie tych urządzeń nie powinno ograniczać ciągłości dostaw energii elektrycznej,
- nie powinno nastąpić zmniejszenie możliwości wykonywania zadań ochronnych przez te urządzenia.

Z punktu widzenia ograniczania przepięć, umieszczenie układu ograniczników typu 2 za wyłącznikiem różnicowoprądowym powoduje narażenie tego wyłącznika na działanie przepływających prądów wyładowczych, które może spowodować jego zniszczenie lub zbędne zadziałanie.

Zainstalowanie układu ograniczników przed wyłącznikiem praktycznie eliminuje tego rodzaju zagrożenie. Takie rozmieszczenie uniemożliwia również wystąpienie wadliwego działania sprawnego technicznie wyłącznika różnicowoprądowego, jeśli wystąpi uszkodzenie ogranicznika łączącego przewody N i PE [43].

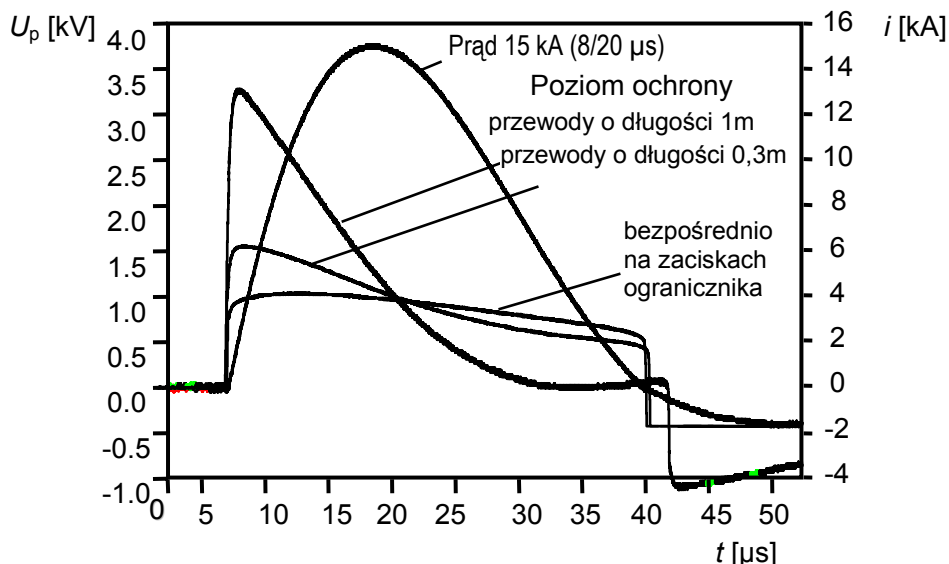
Uwzględniając powyższe uwagi w systemach sieci TN, oraz TT (3 ograniczniki przepięć i iskiernik – układ połączeń typu 2) zalecany rozwiązaniem jest umieszczanie ograniczników przepięć typu 2 przed wyłącznikami różnicowoprądowym [43].

W systemie sieci TT (4 ograniczniki przepięć - układ połączeń typu 2) powinna być zapewniona skuteczna ochrona przed dotykiem pośrednim i należy zainstalować urządzenie różnicowoprądowe typu S o odporności na działanie prądów udarowych o wartości, co najmniej 3 kA i kształcie 8/20 [43] przed układem ograniczników.

Do połączenia ograniczników typu 2 należy zastosować możliwie najkrótsze przewody o długości nieprzekraczającej 0,5 m. Przestrzeganie tego wymogu jest bardzo ważne, gdyż stosowanie dłuższych połączeń ograniczników typu 2 wprowadza do chronionej części instalacji przepięcia o znacznych

wartościach. Przykłady napięć rejestrowanych w układzie składającym się z ogranicznika typu 2 z dołączonymi przewodami o równych długościach przy przepływie prądu wyładowczego o wartości szczytowej 15 kA i kształcie 8/20 przedstawiono na rys. 5 [49].

Przepływy prądów wyładowczych przyspieszają procesy starzeniowe warystorów stosowanych w ogranicznikach typu 2. Wzrastający prąd upływu warystora powoduje wzrost jego temperatury, co może zniszczyć nie tylko warystor i sąsiednie urządzenia, ale również spowodować zagrożenie pożarowe w obiekcie.



Rys. 5. Spadek napięcia w obwodzie ogranicznik typu 2 + przewody przy przepływie prądu udarowego 15 kA 8/20.

Przedstawionemu niebezpieczeństwu zapobiega zainstalowane w ograniczniku urządzenie monitorujące temperaturę warystora i w przypadku jej niebezpiecznego wzrostu odłączające napięcie od warystora oraz przekazujące informację o dokonanym wyłączeniu.

W przypadku przepływu przez ogranicznik prądów udarowych o wartościach przekraczających wartości dopuszczalne może nastąpić uszkodzenie struktury warystora i jego zwarcie.

Przed podjęciem decyzji o dodatkowych środkach ochronnych przed tego rodzaju zagrożeniem należy sprawdzić wartości prądu znamionowego bezpieczników poprzedzających układ ograniczników. Jeśli dla danego typu ograniczników ta wartość jest większa od wartości określonej przez producenta to należy zastosować urządzenia zabezpieczające wskazane przez wytwórcę [26] połączone w szereg z ogranicznikami. Najczęściej są to bezpieczniki klasy gG.

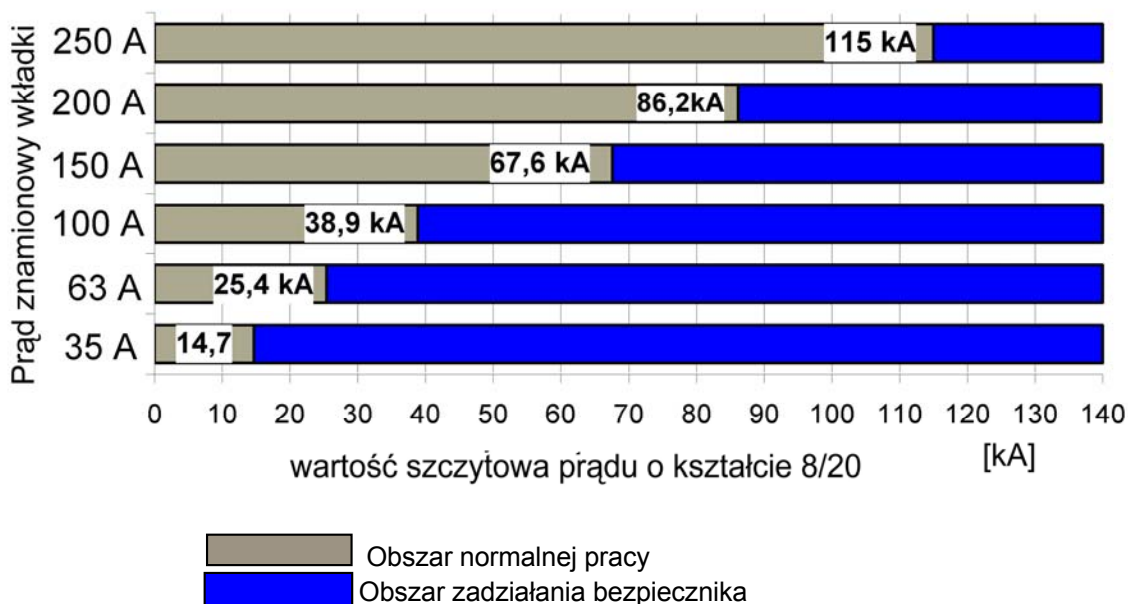
Ograniczniki przepięć typu 2 i ich szeregowe zabezpieczenia powinny w sposób pewny wytrzymać wystąpienie napięć dorywczych [25, 26].

W przypadku dwustopniowego systemu ochronny najczęściej nie jest zalecane umieszczanie ograniczników przepięć typu 1 i 2 w jednej rozdzielni, gdyż taki system połączeń może nie zapewnić właściwej kolejności ich działania.

Właściwości ochronne ograniczników przepięć typu 2 określone są na podstawie wyników badań prądami o czasie narastania czoła 8 µs, czasie trwania do półszczytu na grzbiecie udaru 20 µs i o wartościach szczytowych wybieranych z szeregu od kilkuset A do 20 kA.

Oceniając wpływ działających ograniczników typu 2 na pracę bezpieczników należy również posiadać podstawowe informacje o ich odporności na działanie prądów udarowych o takim kształcie.

Przykładowe wartości szczytowe prądów udarowych 8/20, których przepływ spowoduje zadziałanie wkładek bezpiecznikowych o różnych prądach znamionowych zestawiono na rys.6.



Rys. 6. Oddziaływanie na bezpieczniki prądu udarowego 8/20 [41]

3. Współdziałanie układów ograniczników przepięć różnych typów

Tworząc w instalacji elektrycznej niezawodny, wielostopniowy system ograniczania przepięć należy zapewnić wzajemną koordynację energetyczną pomiędzy:

- układami ograniczników przepięć różnych typów,
- układami ograniczników a chronionymi urządzeniami.

Zapewnienie odpowiedniego podziału energii prądów udarowych pomiędzy układami ograniczników wymaga posiadania podstawowych informacji dotyczących:

- przebiegów charakterystyk prądowo-napięciowych ograniczników,
- napięciowych poziomów ochrony ograniczników różnych typów,
- przyszłego rozmieszczenia układów ograniczników w instalacji elektrycznej.

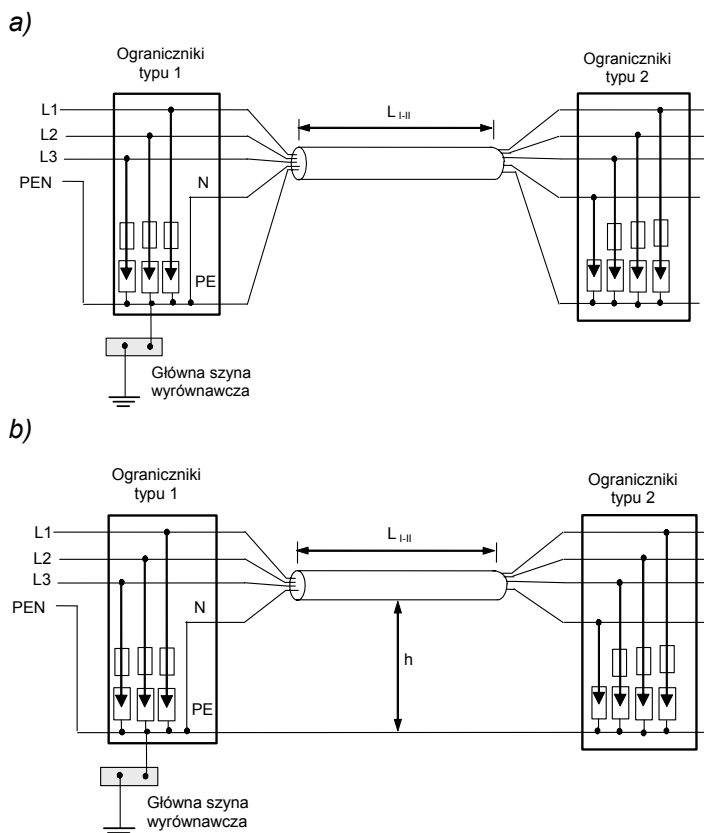
Dodatkowo należy uwzględnić wymagania wynikające z zasad strefowej koncepcji ochrony odgromowej. Zapewniając koordynację energetyczną w systemie ograniczników uzyskujemy pewność właściwego działania tego systemu oraz długotrwałe i bezawaryjne działanie ograniczników.

4. Układy ograniczników typu 1 i 2

W dwustopniowych systemach ograniczania przepięć stosowane są układy iskiernikowych ograniczników przepięć typu 1 oraz warystorowych ograniczniki typu 2. W typowych rozwiązaniach napięciowe poziomy ochrony układów ograniczników wynoszą odpowiednio poniżej 4000 V (typ 1) i 1500 V (typ 2).

W takim systemie zapewnienie wzajemnej koordynacji energetycznej wymaga zachowania kilku-kilkunastometrowych odległości między układami ograniczników poszczególnych typów (odległość liczona wzdłuż przewodu instalacji elektrycznej).

Informacje o zalecanych odległościach podawane są najczęściej w katalogach ograniczników dla typowych układów połączeń (rys. 7.).



Rys. 7. Typowe układy połączeń ograniczników typu 1 i 2 wykorzystujące: a) kabel 5-cio żyłowy, b) kabel 4-ro żyłowy oraz przewód PE

W przypadku braku danych lub wątpliwości dotyczących ich wiarygodności można w prosty sposób określić wymagane odległości pomiędzy układami ograniczników.

Zasada takiego postępowania przedstawiony zostanie na przykładzie układu (rys. 8.) iskiernik – warystor (odzworowanie odpowiednio ograniczników typu 1 i 2).

Oceniając występujące zagrożenie, przedstawiono zjawiska zachodzące podczas bezpośredniego wyładowania piorunowego w budynek.

W takim przypadku prąd piorunowy wpływa do instalacji odgromowej lub do zbrojenia obiektu a następnie do uziomu. Część prądu piorunowego wpływa do połączonego z szyną wyrównywania potencjałów przewodu PE lub PEN (rys.8a). Wzrasta potencjał szyny wyrównawczej względem przewodów fazowych aż do chwili zadziałania warystora w ograniczniku przepięć typu 2. Po zadziałaniu warystora w układzie następuje zmiana w rozplywie prądu (rys. 8b).

Na iskierniku panuje napięcie U_i wynoszące:

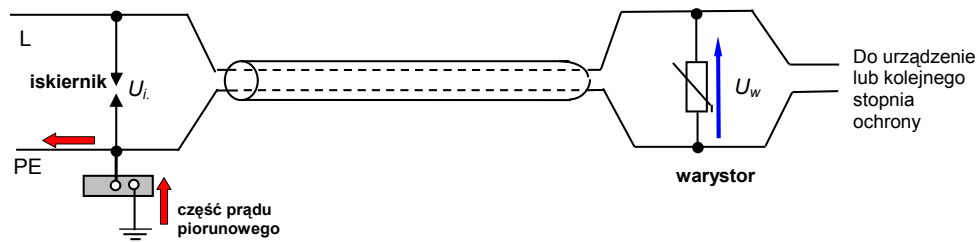
$$U_i = U_w + U_{ind}$$

gdzie : U_w -spadek napięcia na warystorze,

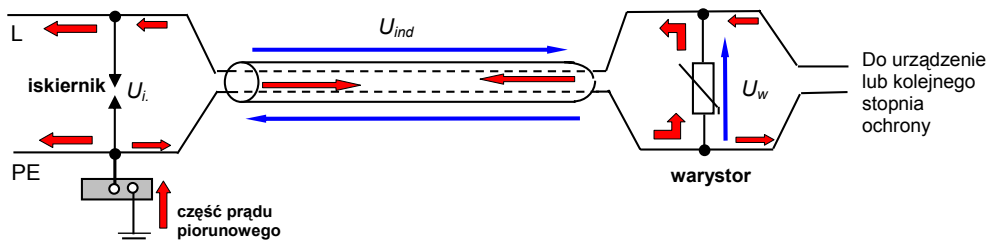
U_{ind} - spadek napięcia na przewodach łączących iskiernik z warystorem.

Spadek napięcia na warystorze U_w nie może przekraczać wartości dopuszczalnych. W przypadku typowych ograniczników typu 2 wartość spadku napięcia najczęściej nie przekracza 1200V – 1500V.

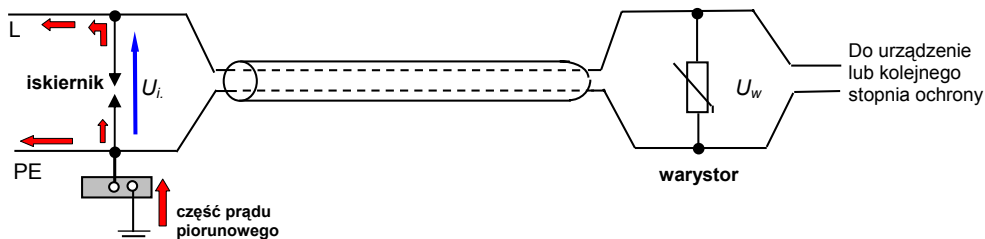
a)



b)



c)



Rys. 8. Podział prądu udarowego w dwustopniowym układzie ograniczania przepięć; a) ograniczniki nie działają, b) działa ogranicznik typu 2, c) działa ogranicznik typu 1

Spadek napięcia na indukcyjności przewodów można wyznaczyć z zależności:

$$U_{ind} = l \cdot L \cdot \frac{di}{dt} \quad [\text{kV}]$$

gdzie :

l - długość przewodu pomiędzy układami ograniczników (m),

L - indukcyjności jednostkowa przewodu łączącego iskiernik z warystorem ($\mu\text{H/m}$),

$\frac{di}{dt}$ - stromość narastania płynącego prądu udarowego ($\frac{\text{kA}}{\mu\text{s}}$).

Ostatecznie wymagana długość l przewodu pomiędzy układami ograniczników wynosi:

$$l = \frac{U_i - U_w}{L \cdot \frac{di}{dt}}$$

Do przybliżonych rozważań można przyjąć, że:

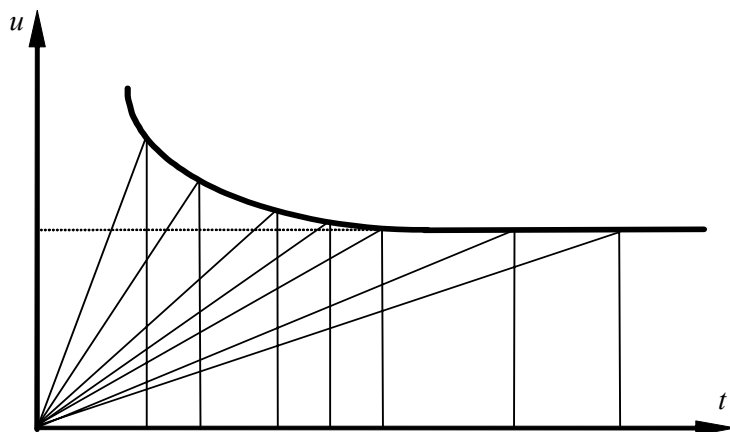
- L jest indukcyjnością dwu równolegle ułożonych przewodów,
- Wartość indukcyjności wynosi od $0,5 \mu\text{H/m}$ do $1 \mu\text{H/m}$ (m.in. w zależności od powierzchni przekroju przewodu), jeśli przewód fazowy i ochronny znajdują się w jednym kablu (rys. 8a).
- Jeśli przewody są układane oddzielnie (rys. 8b) to wartość indukcyjności będzie większa.

- Określając wartość $\frac{di}{dt}$ należy uwzględnić czas narastania i wartość szczytową prądu udarowego.

Uwzględniając wymagania norm ochrony odgromowej i norm określających zakres badań ograniczników można przyjąć, że dwustopniowy system ograniczania przepięć powinien działać zarówno przy wystąpieniu szybkozmiennych prądów udarowych o kształtach 10/350 i 8/20 jak i przy prądzie o minimalnej stromości narastania równej 0,1 kA/ μ s [35]

Wartość dynamicznego napięcia zapłonu iskiernika U_i uzależniona jest od stromości narastania napięcia na jego zaciskach.

Typową charakterystykę napięciowo-czasową iskiernika przedstawia rys. 9.



Rys. 9. Typowa charakterystyka napięciowo-czasowa iskiernika

Po przekroczeniu przez napięcie poziomu dynamicznego napięcia zapłonu U_i iskiernika następuje jego zadziałanie (rys. 8c).

Początkowo, iskierniki stosowane w ogranicznikach typu 1, posiadały następujące właściwości:

- dynamiczne napięcie zapłonu (nazywane także udarowym napięciem zapłonu) poniżej 4 kV,
- statyczne napięcie zapłonu 2 000 – 2500 V.

Koordinacja działania ograniczników posiadających iskierniki o takich parametrach z warystorami wymagała zachowania kilkunastometrowych odległości pomiędzy nimi.

Wprowadzenie nowych rozwiązań konstrukcyjnych iskierników oraz nowych technologii ich wytwarzania obniżyło napięciowe poziomy ochrony, co również znacznie zmniejszono lub całkowicie wyeliminowano konieczność zapewnienia minimalnych odstępów pomiędzy ogranicznikami typu 1 i 2.

Przykładowo w tabeli 40 przedstawiono sposoby wyznaczania wymaganych minimalnych odległości pomiędzy układami ograniczników typu 1 i 2 w zależności od wartości dynamicznych i statycznych napięć zapłonu iskierników (rozważano tylko iskierniki bez dodatkowych układów zapłonowych).

Dla uproszczenia obliczeń założono, że zapłon iskiernika następuje, jeśli napięcie panujące na jego zaciskach przekracza wartość:

- dynamicznego napięcia zapłonu w przypadku prądów udarowych 10/350 i 8/20,
- statycznego napięcia zapłonu jeśli występują prądy o stromości narastania 0,1 kA/ μ s.

Po obliczeniu obydwu przypadków, jako wynik ostateczny należy wybrać większą z wyznaczonych odległości.

Tabl. 4. Przykładowe minimalne odległości pomiędzy układami ograniczników przepięć typu 1 i 2

Wymagane minimalne odległości pomiędzy układami ograniczników typu 1 i 2	
Podstawowe dane: Ogranicznik typu 2 – napięciowy poziom ochrony poniżej 1500V (do obliczeń przyjęto 1300V). Indukcyjność jednostkowa przewodu ok. 0,8 $\mu\text{H/m}$.	
Prądowe udary szybkoszienne: - 20kA, 10/350 $\Rightarrow di/dt \approx 2 \text{ kA}/\mu\text{s}$, - 20kA, 8/20 $\Rightarrow di/dt \approx 2,5 \text{ kA}/\mu\text{s}$.	Prądy o minimalnej stromości narastania 0,1 kA/ μs .
Ogranicznik typu 1 o dynamicznym napięciu zapłonu 4000 V. $l = 1,35\text{m}$	Ogranicznik typu 1 o statycznym napięciu zapłonu 2300V. $l = 12,5\text{m}$
Minimalna odległość powinna być większa od 12,5 m.	
Ogranicznik typu 1 o dynamicznym napięciu zapłonu 2500 V. $l = 0,6\text{m}$	Ogranicznik typu 1 o statycznym napięciu zapłonu 1500V. $l = 2,5\text{m}$
Minimalna odległość powinna być większa od 2,5 m.	

Należy zaznaczyć, że wartości przyjęte do wstępnych obliczeń umożliwiają jedynie przybliżoną ocenę wymaganych minimalnych odległości pomiędzy układami ograniczników typu 1 i 2.

W większości obiektów budowlanych poprawne rozmieszczenie ograniczników może być bez kłopotów zaprojektowane i wykonane.

Problemy z zachowaniem wymaganych minimalnych odległości pomiędzy układami ograniczników występują w przypadku:

- ograniczania przepięć w niewielkich obiektach,
- ochrony urządzeń elektrycznych lub elektronicznych pracujących w bezpośrednim sąsiedztwie rozdzielnic, w których są zainstalowane ograniczniki,
- niewielkich odległości pomiędzy rozdzielnicami.

Bardzo często projektant lub wykonawca staje przed problemem zapewnienia ochrony przed przepięciami w instalacji, w której brak jednego lub dwu metrów do wymaganego minimalnego odstępu między układami ograniczników przepięć różnych typów.

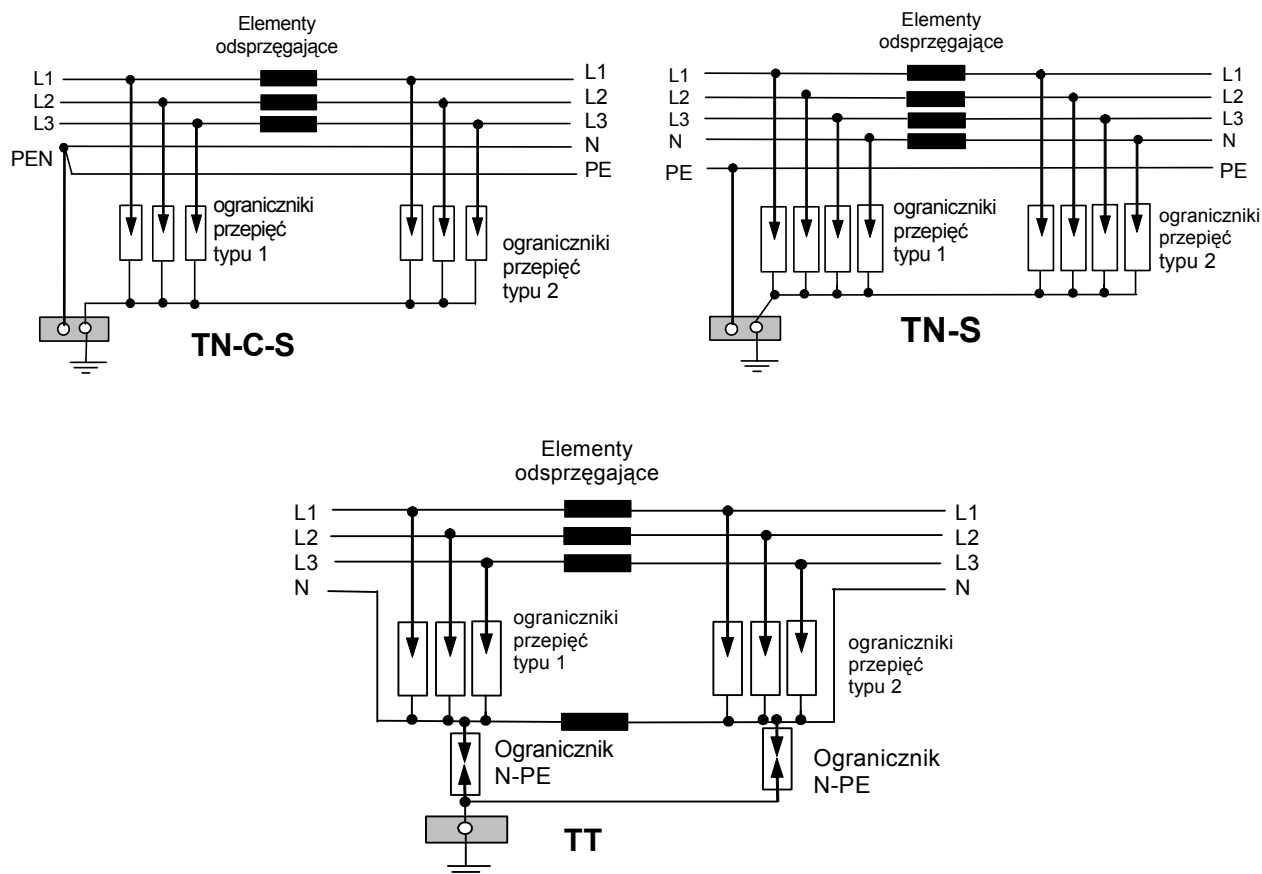
Dotychczas w takich przypadkach najczęściej stosowano układy składający się z ograniczników rozdzielonych elementami odprzegajającymi.

Ogólny schemat takiego rozwiązania dla ograniczników typów 1 i 2 w systemach sieci TN-C-S, TN-S, i TT przedstawiono na rys. 10.

W przedstawionych dwustopniowych układach ochronnych elementy odprzegające koordynują działanie układów ograniczników.

Rejestracje przebiegów prądów udarowych płynących w poszczególnych ogranicznikach rozdzielonych elementami odprzegającymi wykazały, że w iskiernikowym ograniczniku typu 1 popłynie praktycznie cały prąd udarowy.

Warystorowe ograniczniki typu 2 narażone są na działanie krótkotrwałych prądów udarowych o stosunkowo niewielkich wartościach szczytowych.



Rys. 10. Układy połączeń ograniczników przepięć typu 1 i 2 w przypadku zastosowania elementów odsprężających

Stosowanie układów z elementami odsprężającymi napotkało na następujące bariery:

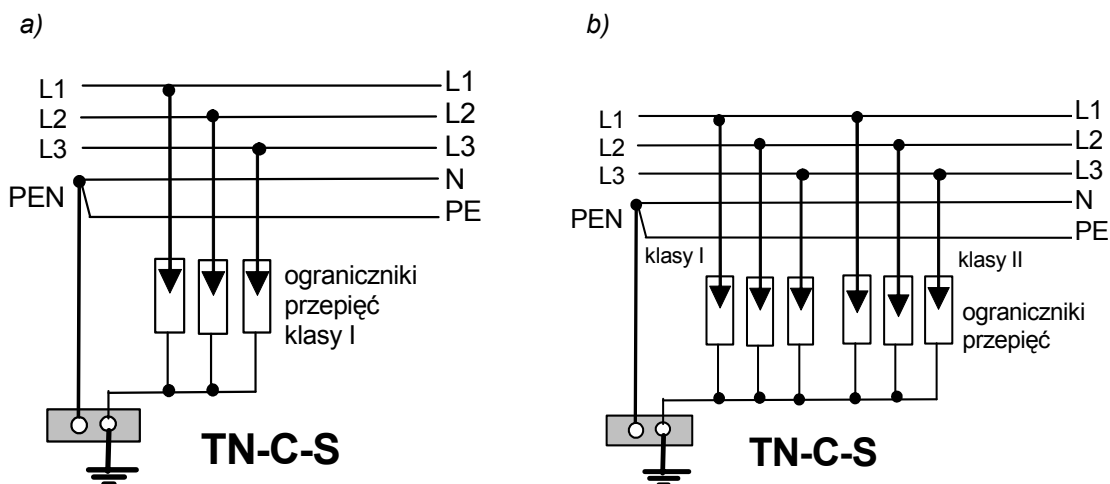
- duże moce zasilanych urządzeń stwarzają konieczność stosowania indukcyjności o coraz większej obciążalności prądowej,
- wzrost obciążalności prądowej indukcyjności znacznie zwiększa ich gabaryty co utrudnia lub nawet umożliwia ich montaż w rozdzielnicach.

Układy z elementami odsprężającymi znalazły szerokie zastosowanie jedynie w instalacjach o prądach znamionowych nieprzekraczających 63 A.

Obecnie w takich instalacjach do ograniczania przepięć można zastosować:

- tylko układy ograniczników przepięć typu 1 o napięciowych poziomach ochrony poniżej 1500 V (rys. 11a),
- ograniczniki typu 1 o niskich napięciowych poziomach ochrony (np. 1500 V lub 2500 V) połączone równolegle do ograniczników typu 2 (rys. 11b).

W tym ostatnim przypadku ochronę przed większością przepięć zapewniają warystory (ograniczniki typu 2), a zadziałanie iskiernika następuje tylko przy prądach udarowych o większych energiach.



Rys. 11. Eliminacja elementów odprzegajających: a) układ ograniczników typu 1 o niskim napięciowym poziomie ochrony, b) układy połączonych ograniczników typu 1 o niskim napięciowym poziomie ochrony i ograniczników typu

5. Zasady tworzenia wielostopniowego systemu ograniczania przepięć

Przystępując do tworzenia w instalacji elektrycznej systemu ochrony przed działaniem części prądu piorunowego i przed wszelkiego rodzaju przepięciami należy sprawdzić, jakie środki ochrony odgromowej zastosowano w obiekcie (zewnętrzna i wewnętrzna ochrona odgromowa) oraz dokonać oględzin ich stanu aktualnego.

Jeśli przy tworzeniu instalacji piorunochronnej wyznaczano wymagany poziom ochrony odgromowej to, przy doborze ograniczników przepięć klasy I, należy przyjąć wartości szczytowe prądu piorunowego wynikające z wybranego poziomu ochrony.

Przy tworzeniu systemu ograniczania przepięć w instalacji elektrycznej należy uwzględnić następujące wymagania dotyczące ograniczników przepięć:

- ✓ Liczbę ograniczników przepięć i sposób ich montażu należy dostosować do systemu sieci oraz wymaganej kategorii przepięciowej.
- ✓ Ograniczniki należy rozmieścić w taki sposób, aby zapewniały ograniczenie przepięć do poziomów leżących poniżej wartości wytrzymałości udarowej urządzeń.
- ✓ Wytrzymałość zwarciovą ograniczników przepięć należy dostosować do spodziewanej wartości prądu zwarcie, jaki może wystąpić w miejscu zainstalowania ograniczników.
- ✓ Zachować, zgodnie z zaleceniami producenta, najmniejsze dopuszczalne odległości pomiędzy:
 - ogranicznikami różnych typów,
 - ogranicznikami a chronionymi urządzeniami,
 - iskiernikowymi ogranicznikami przepięć typu 1 a innymi urządzeniami w miejscu montażu ograniczników (w przypadku wydmuchu gazów na zewnątrz ogranicznika).

Dobierając ograniczniki typu 1 i 2 i tworząc systemy ochrony zalecane jest przestrzeganie zaleceń zestawionych w tabeli 5.

Tab. 41. Podstawowe zasady określające zasady doboru ograniczników przepięć typu 1 i 2

Ograniczniki	Zasady doboru układów ograniczników
Ograniczniki typu 1	➤ Układy ograniczników typu 1 powinny być instalowane za zabezpieczeniami głównymi, w pobliżu miejsca wprowadzania instalacji elektrycznej do obiektu budowlanego posiadającego urządzenie piorunochronne (złącze kablowe, szafka obok złącza, rozdzielnica główna). ➤ Układ połączeń ograniczników powinien być dobrany odpowiednio do systemu sieci. ➤ Należy określić skuteczną wartość napięcia trwałej pracy ogranicznika oraz poziom ograniczenia napięć uderowych. ➤ Przewody wykorzystywane do przyłączenia ogranicznika powinny być możliwie najkrótsze (długość poniżej 0,5m). W przypadku trudności z zachowaniem wymaganych długości przewodów należy zastosować ograniczniki z podwójnymi zaciskami w układzie połączeń typu „V”. ➤ Układając przewody łączące ograniczniki należy uwzględnić możliwości oddziaływania na nie sił dynamicznych wywoływanych przez płynący prąd piorunowy. ➤ Określić potrzebę stosowania dodatkowych zabezpieczeń nadprądowych instalowanych w szereg z ogranicznikami typu 1. ➤ Stosując ograniczniki z „otwartymi” iskiernikami należy uwzględnić zagrożenie stwarzane przez wydmuch gazu lub dobrać ograniczniki z obudowanymi iskiernikami. ➤ Dobrać ograniczniki o ograniczonych prądach następczych w celu wyeliminowania zadziałań głównych zabezpieczeń nadprądowych. ➤ Sprawdzić wymagania dotyczące miejsca montażu urządzeń różnicowoprądowych względem układu ograniczników.
Ograniczniki typu 2	➤ Układ połączeń ograniczników typu 2 powinien być dobrany odpowiednio do systemu sieci. ➤ Miejsce montażu układu ograniczników przepięć typu 2 uzależnione jest od jego zadań. W przypadku układu dwustopniowego są to rozdzielnice na poszczególnych kondygnacjach, rozdzielnice oddziałowe, tablice rozdzielcze wewnątrz obiektu. Jeśli nie występuje zagrożenie oddziaływaniem prądu piorunowego to układy ograniczników typu 2 można instalować w miejscu wprowadzania instalacji do obiektu (zamiast ograniczników typu 1). ➤ Określić potrzebę stosowania dodatkowych zabezpieczeń nadprądowych w szereg z ogranicznikiem typu 2. ➤ Przewody wykorzystywane do przyłączenia ogranicznika powinny być możliwie najkrótsze (długość poniżej 0,5m). ➤ Sprawdzić wymagania dotyczące miejsca montażu urządzeń różnicowoprądowych względem układu ograniczników. ➤ Należy zachować wymagane odległości pomiędzy ogranicznikami typu 1 i 2. ➤ Jeśli zachowanie wymaganych odległości jest niemożliwe należy zastosować indukcyjności sprzęgające lub ograniczniki przepięć typu 1 o obniżonych napięciowych poziomach ochrony. ➤ Podczas badania izolacji instalacji elektrycznej warystorowe ograniczniki typu 2 powinny zostać odłączone lub, jeśli istnieje taka możliwość, należy wyjąć wkładki z warystorami.

Literatura

Akty prawne

- [A-1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 75, poz. 690).
- [A-2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 7 kwietnia 2004 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie – Dz. U. Nr 109, poz. 1156.
- [A-3] Zalecenia dla instalacji elektrycznych w obiektach telekomunikacyjnych TP S.A. z punktu widzenia kompatybilności elektromagnetycznej. Wprowadzone Zarządzeniem Nr 56 Prezesa Zarządu TP S.A. z dnia 18.12.1997

Normy

- [N-1] CEI IEC 61643-12:2002, Low-voltage surge protective devices. Part 12: Surge protective devices connected to low-voltage Power distribution systems. Selection and application principles.
- [N-2] Draft IEEE Guide on the Surge Environment in Low-Voltage (1000V or less) AC Power Circuits. 1999.
- [N-3] E DIN VDE 0675 Teil 6:1989-11. Überspannung - Ableiter Teil 1: Überspannungs-Ableiter zur Verwendung in Wechselstromnetzen mit Nennspannung zwischen 100V und 1000V.
- [N-4] DIN VDE 0675-6/A1 (VDE 0675 Teil 6/A1) Überspannungsableiter. Verwendung in Wechselspannungsnetzen mit Nennspannungen zwischen 100 und 1000V. Änderung A1.
- [N-5] DIN VDE 0675-6/A2 (VDE 0675 Teil 6/A2) Überspannungsableiter. Teil 6: Verwendung in Wechselspannungsnetzen mit Nennspannungen zwischen 100 und 1000V. Änderung A2.
- [N-6] IEEE Recommended Practice on Surge Voltages in Low-Voltage AC Power Circuits, ANSI/IEEE Std. C62.41, 1991.
- [N-7] IEEE Guide on Surge Testing for Equipment Connected to Low-Voltage AC Power Circuits, ANSI/IEEE Std. C62.45, 1987.
- [N-8] Verband der Netzbetreiber - VDN- e.V. beim VDEW: Überspannungs- Schutzeinrichtungen Typ 1. Richtlinie für der Einsatz von Überspannungs- Schutzeinrichtungen Typ 1 (bisher Anforderungsklasse B) in Hauptstromversorgungssystemen. 2. Auflage 2004.
- [N-9] CEI IEC 60364-5-53:2001/ Amendment 1, 2002, Electrical installations of buildings – Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment – Isolation, switching and control.
- [N-10] Draft prHD 60364-5-54:2004, Electrical installation of buildings. Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment. Earthing arrangements, protective conductors and protective bonding conductors.
- [N-11] IEC 61312-4:Ed.1, 2005, Protection against lightning electromagnetic impulse. Part 4: Protection of equipment in existing structures.
- [N-12] IEC 61312-5:2002, Protection against lightning electromagnetic impulse. Part 5. Guide.
- [N-13] IEC 61662:1995, Assessment of risk of damages due to lightning.
- [N-14] IEC 61662/A1:1996, Assessment of risk of damages due to lightning. Annex C: Structures containing electronic systems.
- [N-15] ITU-T Recommendation K.20. (02/00) Resistibility of telecommunication equipment installed in a telecommunication centre to overvoltages and overcurrents.
- [N-16] ITU-T Recommendation K.27. (05/96) Bonding configurations and earthing inside a telecommunication building.
- [N-17] ITU-T Recommendation K.40. (10/96); Protection against interference: Protection against LEMP in telecommunications centers.
- [N-18] PC62.41.1-Draft 3: 1999, Draft IEEE Guide on the Surge Environment in Low-Voltage (1000 V and less) AC Power Circuits.
- [N-19] PN-IEC 60364-4-442:1999, Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed przepięciami. Ochrona instalacji niskiego napięcia przed przejściowymi przepięciami i uszkodzeniami przy doziemieniach w sieciach wysokiego napięcia.

- [N-20] PN-EN 61643-11:2003(U), Niskonapięciowe urządzenia ograniczające przepięcia – Część 11: Urządzenie do ograniczania przepięć w sieciach rozdzielczych niskiego napięcia. Wymagania i próby.
- [N-21] PN-IEC 60364-4-443:1999, Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przez przepięciami. Ochrona przed przepięciami atmosferycznymi i łączeniowymi.
- [N-22] PN-IEC 60364-4-444:2001, Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed przepięciami. Ochrona przed zakłóceniami elektromagnetycznymi (EMI) w instalacjach obiektów budowlanych.
- [N-23] PN-IEC 60364-5-534:2003, Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Urządzenia do ochrony przed przepięciami.
- [N-24] PN-IEC 61024-1:2001, Ochrona odgromowa obiektów budowlanych. Zasady ogólne (oraz Poprawka PN-IEC 61024-1:2001/Ap1:2002).
- [N-25] PN-IEC 61024-1-1:2001, Ochrona odgromowa obiektów budowlanych. Zasady ogólne. Wybór poziomów ochrony dla urządzeń piorunochronnych (oraz Poprawka PN-IEC 61024-1-1:2001/Ap1:2002).
- [N-26] PN-IEC 61024-1-2:2002, Ochrona odgromowa obiektów budowlanych. Zasady ogólne. Przewodnik B – Projektowanie, montaż, konserwacja i sprawdzanie urządzeń piorunochronnych.
- [N-27] PN-IEC 61312-1:2001, Ochrona przed piorunowym impulsem elektromagnetycznym. Zasady ogólne.
- [N-28] PN-IEC 61643-1:2001. Urządzenia do ograniczania przepięć w sieciach rozdzielczych niskiego napięcia. Część 1. Wymagania techniczne i metody badań.
- [N-29] PN-T-45000-3:1998, Uziemienia i wyrównywanie potencjałów w obiektach telekomunikacji radiofonii i telewizji. Wymagania i badania. Systemy uziemiające w obiektach radiofonii i telewizji.
- [N-30] PN-T-83101:1996, Urządzenia zasilające w telekomunikacji. Określenia, wymagania i badania.
- [N-31] PN-IEC/TS 61312-2:2003, Ochrona przed piorunowym impulsem elektromagnetycznym (LEMP). Część 2. Ekranowanie obiektów, połączenia wewnątrz obiektów i uziemienia
- [N-32] PN-IEC/TS 61312-3:2004, Ochrona przed piorunowym impulsem elektromagnetycznym. Część 3: Wymagania dotyczące urządzeń do ograniczania przepięć (SPD).
- [N-33] TC 64/1034/CD General basic information regarding surge overvoltages and surge protection in low-voltage a.c. power systems. 1998

Publikacje

- [P-1] Bassi W., Janiszewski J.M." Evaluation of Currents and Charges in Low-Voltage Surge Arresters Due to Lightning Strikes" IEEE Trans. On Power Delivery, vol. 18, No 1, 2000.
- [P-2] Brocke R., Noack F., Hasse p., Zahlmen P.: Spark gap lightning current arresters without follow currents ICLP 2000, Greece 18-22 September 2002
- [P-3] Hasse P.: Überspannungsschutz von Niederspannungsanlagen. TÜV-Verlag 1998.
- [P-4] Hasse P.: Overvoltage protection of low voltage systems. 2nd Edition. IEE Power and Energy Series.
- [P-5] Noack F., Schönau J., Reichert F.: Lightning pulse current withstand of low-voltage fuses. 26th ICLP, Cracow - Poland, 2002,
- [P-6] Paul D.: Low-Voltage Power System Surge Overvoltage Protection. IEEE Trans. On Industry Applications, vol.37, N). 1, 2001.
- [P-7] Raab V. Überspannungsschutz in Verbraucheranlagen. Auswahl. Errichtung. Prüfung. Verlag Technik 1998.
- [P-8] Sowa A.: Analiza zagrożenia piorunowego urządzeń elektronicznych. Rozprawy Naukowe nr 2. Wydawnictwo Politechniki Białostockiej, 1990.
- [P-9] Sowa A., Jęzak S.: Ochrona przed przepięciami w typowych obiektach Zakładów Energetycznych. PTPiREE, Poznań 1999,
- [P-10] Sowa A.: Kompleksowa ochrona odgromowa i przepięciowa. Biblioteka COSiW SEP Warszawa 2005.
- [P-11] Szpor St., Samuła J.: Ochrona odgromowa. Tom 1. Wiadomości podstawowe. WNT Warszawa 1983.
- [P-12] Überspannungsschutzeinrichtungen der Anforderungsklasse B. Richtlinie für den Einsatz in Hauptstromversorgungssystemen. VWEW 1998.

- [P-13] Materiały informacyjne firmy DEHN
- [P-14] Materiały informacyjne firmy LEUTRON.
- [P-15] Materiały informacyjne firmy OBO Betterman.
- [P-16] Materiały informacyjne firmy PHOENIX CONTACT.