

## SPIS TREŚCI



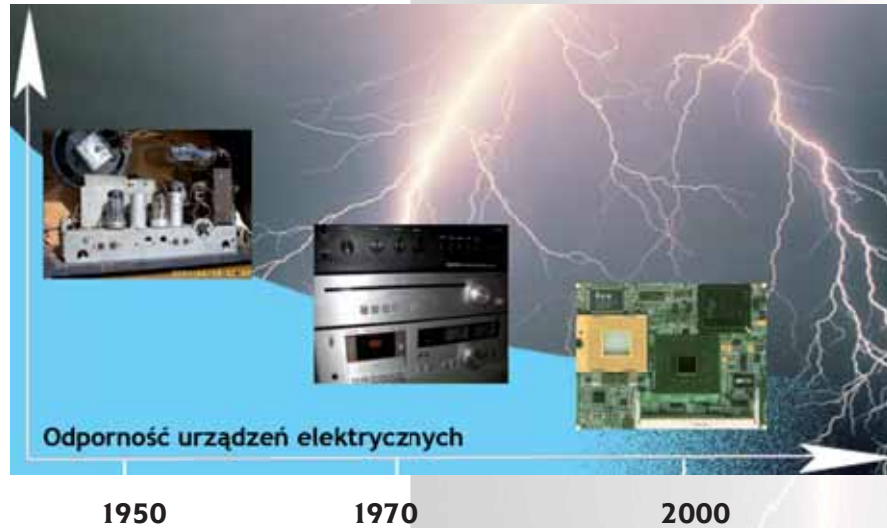
● Zagrożenia przepięciowe instalacji i urządzeń elektrycznych .....	4
● Mechanizmy indukowania przepięć przejściowych spowodowanych wyładowaniami bezpośrednimi .....	8
● Ochrona odgromowa i przepięciowa obiektów budowlanych .....	10
● Ochrona odgromowa - zewnętrzna obiektów budowlanych przed bezpośrednim działaniem prądu piorunowego .....	12
● Systemy ograniczania przepięć w instalacjach elektrycznych .....	16
● Podział instalacji elektrycznej na kategorie wytrzymałości udarowej - koordynacja izolacji .....	18
● Ograniczniki przepięć w instalacjach elektrycznych .....	19
● Podział ograniczników przepięć .....	21
● Ograniczniki przepięć ETITEC A - do montowania na liniach napowietrznych.....	22
● Ograniczniki przepięć ETITEC B - Typ 1 (Klasa B).....	29
● Ograniczniki przepięć ETITEC C - Typ 2 (Klasa C).....	33
● Ograniczniki przepięć ETITEC D - Typ 3 (Klasa D) .....	33
● Układy połączeń ograniczników przepięć w różnych systemach sieci .....	36
● Dobezpieczanie ograniczników przepięć.....	37
● Bezpieczniki topikowe SRF specjalne - do dobezpieczania ograniczników przepięć ..	40
● Ograniczanie spadków napięć na przewodach ograniczników przepięć .....	42
● Rozpływ prądu piorunowego w instalacjach obiektu budowlanego.....	43
● Wielostopniowe układy ochronne.....	45
● Warunki dwustopniowego (T1+T2) systemu ochronnego.....	49
● Ograniczniki przepięć ETITEC WENT ( dwustopniowe zespolone).....	50
● Układy połączeń ograniczników ETITEC WENT (T1+T2) 3-fazowych.....	51
● Miejsca instalacji ograniczników przepięć.....	52
● Ochrona przeciwprzepięciowa systemów fotowoltaicznych.....	56
● Ochrona przeciwprzepięciowa w liniach przesyłu sygnałów (automatyki, kontroli telekomunikacji i pomiarów .....	61
● Przykłady układów ochronnych linii przesyłu sygnałów cyfrowych i analogowych.....	66
● Przykłady zastosowania ograniczników przepięć ETITEC.....	68

„ Obecne środowisko elektrotechniczne wymaga ochrony przeciwprzebiegowej”

**Zagrożenia przebiegowe instalacji i urządzeń elektrycznych**

Trudno wyobrazić sobie aby w dzisiejszych czasach nie istniały urządzenia elektryczne i elektroniczne jak: układy zasilające, regulacyjne i kontrolne zarówno w przemyśle jak i w budownictwie mieszkaniowym. Skomplikowane urządzenia elektroniczne ułatwiają, a niekiedy ratują ludzkie życie. Nie są one jednak zbyt odporne na przypadkowy wzrost napięcia – przebiecie. Występujące obecnie anomalie pogodowe oraz coraz częściej występujące burze z wyładowaniami atmosferycznymi przyczyniły już się do wielu uszkodzeń, zniszczeń sprzętu elektronicznego i wyposażenia, powstania znacznych strat materialnych oraz utraty życia ludzi i zwierząt.

Wykres 1

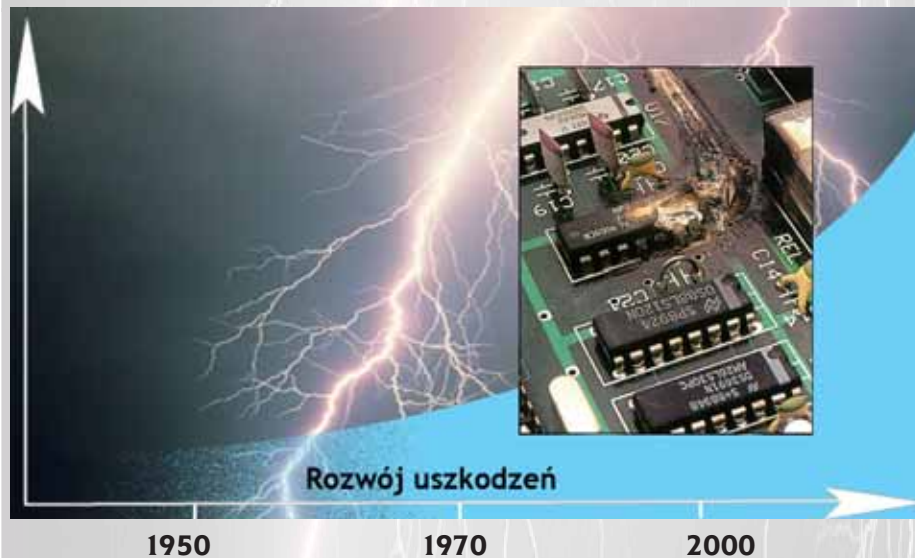


Te przykre doświadczenia przyczyniły się do zwrócenia szczególnej uwagi na wyposażenie obiektów budowlanych w ochronę odgromową i przeciwprzebiegową. Problem systematycznie zyskuje na znaczeniu w miarę stosowania do budowy urządzeń elektrycznych i elektronicznych o coraz większym stopniu scalenia jak również o coraz mniejszej odporności na prądowe i napięciowe impulsy udarowe (Wykres 1). Układy te w czasie pracy pobierają niewielką moc, co znacznie obniża próg ich odporności na działanie zewnętrznych czynników elektromagnetycznych. Szczególni niebezpieczne dla urządzeń i instalacji są impulsy elektromagnetyczne, których zasięg działania obejmuje znaczne obszary. Źródłem takich impulsów, które charakteryzują się

dużą wartością szczytową oraz bardzo krótkim czasem narastania i trwania są wymienione już wcześniej wyładowania atmosferyczne. Parametry impulsów piorunowych stwarzają różnorodne możliwości oddziaływania wyładowań atmosferycznych na przewody dochodzące do urządzeń oraz bezpośrednio na same urządzenia. Chodzi tu nie tylko o uszkodzenie urządzeń występujące pod wpływem przepływającego prądu piorunowego, ale również o zakłócenia w ich poprawnym działaniu, wywołane przez impulsy elektromagnetyczne LEMP (Lighting Electromagnetic Impulses), o wartości porównywalnej z sygnałami użytecznymi.

Wykres 2

Prąd płynący generuje w kanale wyładowania impuls LEMP, który w niektórych przypadkach może zakłócać urządzenia elektroniczne nawet w promieniu kilku kilometrów od miejsca uderzenia piorunu. LEMP działa bezpośrednio na urządzenia lub też może indukować fal przebiegową w elektroenergetycznych i telekomunikacyjnych liniach napowietrznych i kablowych. Fala ta przemieszczając się do instalacji zasilających i sygnałowych obiektów budowlanych może być przyczyną wadliwej pracy lub trwałego uszkodzenia różnych urządzeń technicznych zainstalowanych wewnątrz budynku. Z wystąpieniem takich impulsów należy się liczyć niemal przy każdym wyładowaniu, nawet dość odległym od obiektu, w którym są zainstalowane urządzenia elektroniczne. Główne zagrożenie wiąże się z wyładowaniami piorunowymi w bliskiej odległości, a zwłaszcza z przypadkami bezpośredniego trafienia piorunu w budynek. Wówczas mogą pojawić się zarówno udary napięciowe i prądowe o dużej wartości szczytowej jak i impulsowe pola elektromagnetyczne. Zagrożenie związane jest z bezpośrednim oddziaływaniem części prądu piorunowego przenikającego do obwodów urządzeń elektronicznych oraz z oddziaływaniem rezystancyjnych spadków napięcia. Groźne są również przebiegi indukowane w wiązkach przewodów oraz różnice potencjałów występujące wewnątrz obiektu budowlanego. Sieci teleinformatyczne z ciągle rosnącą ilością przepływających informacji są coraz częściej nękane (Wykres 2) przez zakłócenia lub uszkodzenia pojawiające się w sieciach zasilających, w liniach transmisji danych, instalacjach teleinformatycznych oraz w samych urządzeniach końcowych.







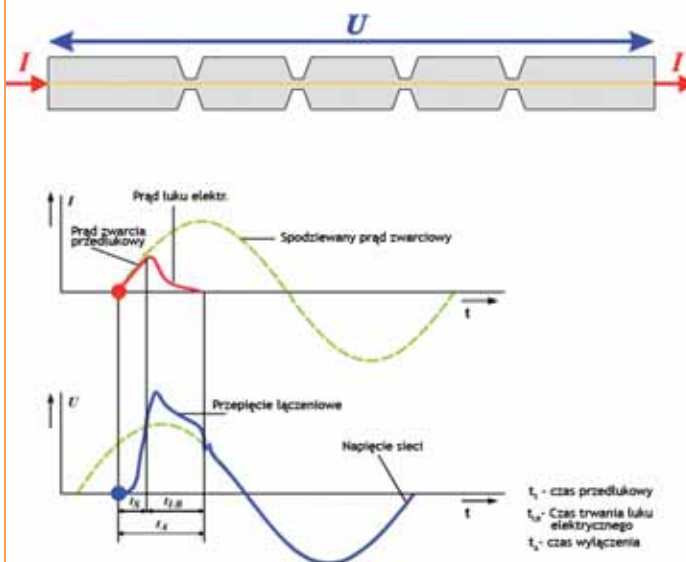
Rys. 1 Jak widać, wyładowania atmosferyczne nie omijają nawet najważniejszych budynków na świecie.

Najczęstszą przyczyną uszkodzeń urządzeń elektronicznych są przepięcia. Sieć komputerowa, która jest obecnie coraz lepiej chroniona przed wirusami lub przed zewnętrzną ingerencją, jest wciąż mało odporna na niekontrolowane przepięcia pojawiające się w elektrycznej instalacji zasilającej i instalacji transmisji sygnałów, które mogą zniszczyć urządzenia lub zablokować działanie sieci. Sposób w jaki urządzenia elektryczne reagują na zakłócenia impulsowe jest nieprzewidywalny. Ponadto przy powtarzających się w instalacjach zasilających przepięciach, nawet o małych wartościach, należy mieć na uwadze skrócony czas bezawaryjnego działania systemu instalacji elektrycznych.

### Przepięcia w instalacjach elektroenergetycznych niskiego napięcia

Niebezpieczne przepięcia występujące w instalacjach elektroenergetycznych niskiego napięcia są najczęściej spowodowane :

- czynnościami łączeniowymi - manewrowymi aparatów elektrycznych ( przepięcia wewnętrzne - (SEMP - Switching Electromagnetic Impulses)
- zjawiskiem elektryczności statycznej (ESD - Electrostatic Discharge)
- wyładowaniami atmosferycznymi (przepięcia zewnętrzne)



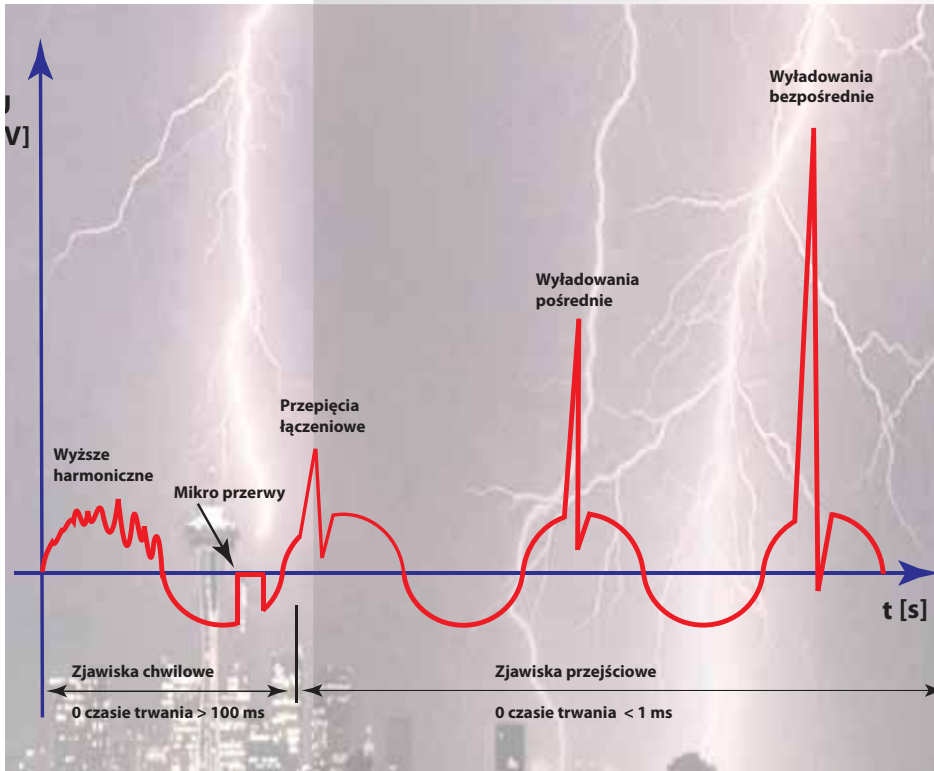
Wartości maksymalne tych przepięć mogą osiągać wartości wielokrotnie przekraczające wytrzymałość elektryczną izolacji urządzeń elektrycznych co może być przyczyną ich zniszczenia lub stanowić zagrożenie dla życia ludzi lub zwierząt. Aby temu zapobiec, konieczne jest zatem stosowanie odpowiednich urządzeń zabezpieczających.

Tzw. przepięcia łączeniowe - wewnętrzne mogą być spowodowane :

- szybkimi i częstymi zmianami obciążenia urządzeń indukcyjnych (silniki, transformatory, elektromagnesy) lub pojemnościowych (baterie kondensatorowe)
- wyłączeniem zwarć przez bezpieczniki topikowe ( Rys. 2)

Rys. 2 Przebieg przepięcia łączeniowego na bezpieczniku w przypadku przerwania obwodu na skutek zwarcia

Przepięcia te mogą osiągać bardzo niebezpieczne wartości, przekraczające wielokrotnie wartości napięć znamionowych urządzeń i często stwarzają poważne zagrożenie dla izolacji układu łączeniowego. Natomiast przepięcia na skutek elektryczności statycznej powstają w wyniku ładowania się ładunkami elektrostatycznymi urządzeń technicznych co prowadzi do powstania w ich wnętrzu silnych pól elektrycznych, które mogą niekorzystnie oddziaływać na pracę tych urządzeń poprzez przepływ prądów powierzchniowych (wyrównywanie potencjałów) lub indukowanie napięć i prądów zakłócających.



Rys. 3 Reprezentacja różnych poziomów napięć w sieci elektrycznej

W przypadku wyładowania elektrostatycznego - najczęściej iskrowego od naładowanej pewnym ładunkiem osoby do obudowy urządzenia elektronicznego zawierającego bardzo wrażliwe na wszelkie wyładowania układy logiczne o dużym stopniu integracji, przepływ krótkotrwałego prądu może być przyczyną jego poważnego uszkodzenia lub zniszczenia.

Najskuteczniejszą metodą ochrony przed ładunkami elektrostatycznymi jest sprowadzenie zgromadzonych ładunków do ziemi. W tym celu stosuje się dwa rodzaje rozwiązań technicznych:

- dla obiektów dobrze przewodzących (o przewodności  $> 10^{-4}$  S/m) - ekwipotencjalizację, polegającą na uziemieniu wszystkich możliwych przewodzących części urządzeń.

- dla obiektów o mniejszej przewodności powierzchniowej - do ekwipotencjalizacji dodaje się zabieg zwiększający ich przewodność, poprzez pokrycie danego obiektu (o ile to możliwe) preparatami przewodzącymi - antystatykami, szczególnie w przypadku dielektryków. W celu przeciwdziałania powstawaniu warunków, w których może dojść do naładowania należy utrzymywać względną wilgotność powietrza ok. 50 % w otoczeniu urządzeń wrażliwych na wyładowania takich jak: sale komputerowe, laboratoria elektroniczne, pomieszczenia sterowania, sale operacyjne itp. Również dobrą metodą jest stosowanie wykonanych z siatki lub blachy metalowej ekranów elektrostatycznych otaczających chronione urządzenia, pozbawionych źródeł pola elektrycznego.

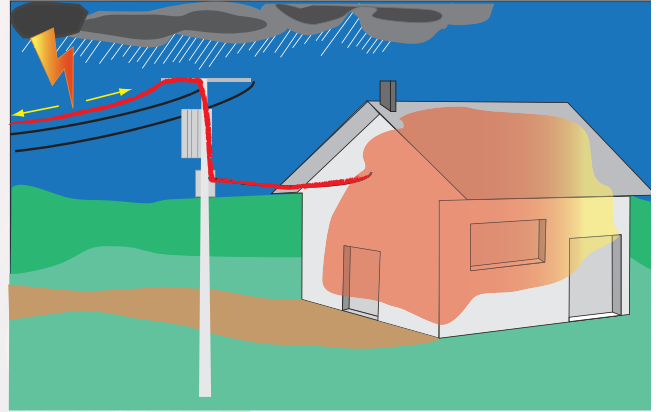
### Przyczyny napięć przejściowych spowodowanych wyładowaniami bezpośrednimi

Powyższe przyczyny występują w dwóch przypadkach :

- Kiedy wyładowanie atmosferyczne następuje w przewod instalacji odgromowej zewnętrznej lub dach budynku, które są uziemione i prąd wyładowczy zostaje odprowadzony do gruntu. Impedancja uziemienia gruntu oraz płynący prąd wyładowczy o dużej wartości są źródłem różnicy potencjałów - napięcia. Napięcie to rozprzestrzenia się do wnętrza budynku za pomocą przewodów i części przewodzących niszcząc jednocześnie mało odporne sprzęt i urządzenia znajdujące się w budynku.
- Kiedy wyładowanie atmosferyczne nastąpi w napowietrzną linię zasilającą budynek. Linią popłynie dużej wartości prąd wyładowczy do wnętrza budynku powodując znaczne napięcia. Uszkodzenia wewnątrz budynku i w jego wyposażeniu powstałe na skutek przepływu tak wysokiego prądu są zwykle bardzo rozległe i groźne ( np. otwarty pożar w rozdzielnicach lub jej eksplozja).



Bezpośrednie wyładowanie w element dachu budynku

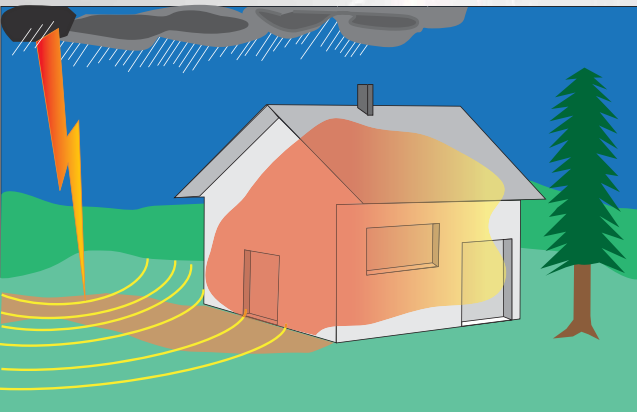


Bezpośrednie wyładowanie w sieć zasilającą budynek

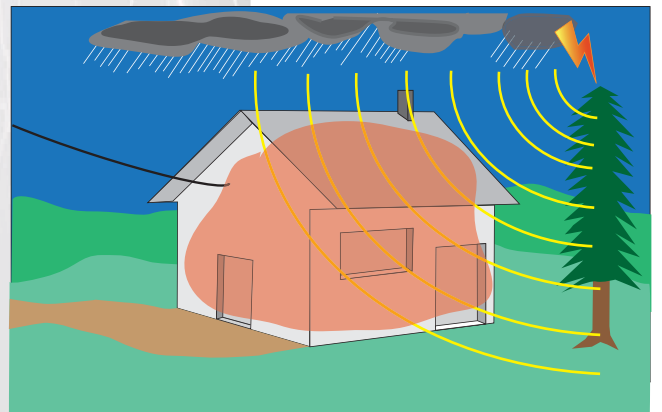
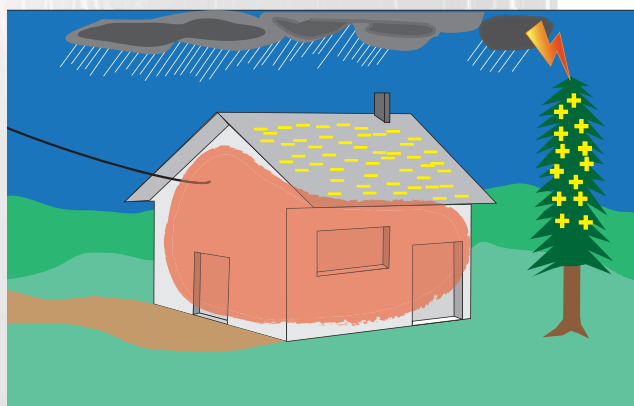
### Przyczyny przepięć przejściowych spowodowanych wyładowaniami pośrednimi

Przepięcia przejściowe wymienione poprzednio powstają również na skutek wyładowania atmosferycznego w sąsiedztwie budynku. Spowodowane są gwałtownym wzrostem potencjału ziemi w punkcie wyładowania.

Podobnie nagły wzrost natężenia pola magnetycznego i elektrostatycznego spowodowany wyładowaniem w obiekt sąsiedni (np. drzewo) jak również wyładowaniem pomiędzy chmurami może być źródłem wzrostu przepięcia przenikającego do budynku. Przepięcia te chociaż posiadają mniejszy poziom, to i tak mogą być przyczyną uszkodzeń mało odpornego (elektronicznego i elektrycznego) wyposażenia.



Wyładowanie w otoczenie budynku

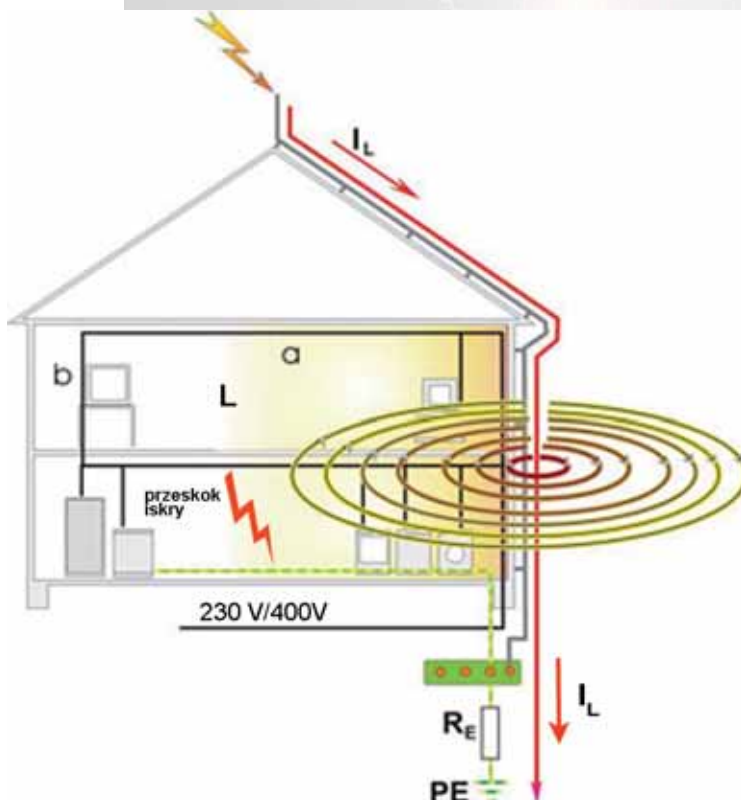
Wyładowanie w wysoki obiekt sąsiadujący z budynkiem  
(Sprężenie magnetyczne)Wyładowanie w wysoki obiekt sąsiadujący z budynkiem  
(Sprężenie elektrostatyczne)



## Mechanizmy indukowania przebiegów przejściowych spowodowanych wyładowaniami bezpośrednimi

Jak już wcześniej wspomniano w przypadku wyładowania piorunowego doziemnego powstaje impuls elektromagnetyczny (LEMP), którego składowa elektryczna w dużo mniejszym stopniu wpływa na indukowanie przebiegów wewnątrz obiektów w stosunku do oddziaływania jego składowej magnetycznej. Efektem oddziaływania piorunowego impulsu elektromagnetycznego są przebiegi indukowane. Istnieją trzy podstawowe mechanizmy indukowania przebiegów w wyniku bezpośredniego oddziaływania piorunowego impulsu elektromagnetycznego:

1. **Sprężenie na wspólnej impedancji - oddziaływanie galwaniczne** - (np. spowodowane rezystancją uziemienia lub rezystancją ekranu kabla). W wyniku uderzenia piorunu w budynek przepływa prąd do ziemi (poniższy rysunek), który może generować napięcie pomiędzy elementami zewnętrznej ochrony odgromowej a odległym uziemieniem. W zależności od rezystancji uziemienia wartość generowanego napięcia może dochodzić do kilkuset kV. Analogicznie rozpląt części prądu piorunowego w zewnętrznych elementach przewodzących (np. kable, rury), które są połączone z konstrukcją obiektu i biegną do ziemi, może powodować powstanie niebezpiecznych napięć; ponadto prąd piorunowy, a konkretnie jego część, płynąc w kablu powoduje powstawanie napięcia między żyłami a ekranem.

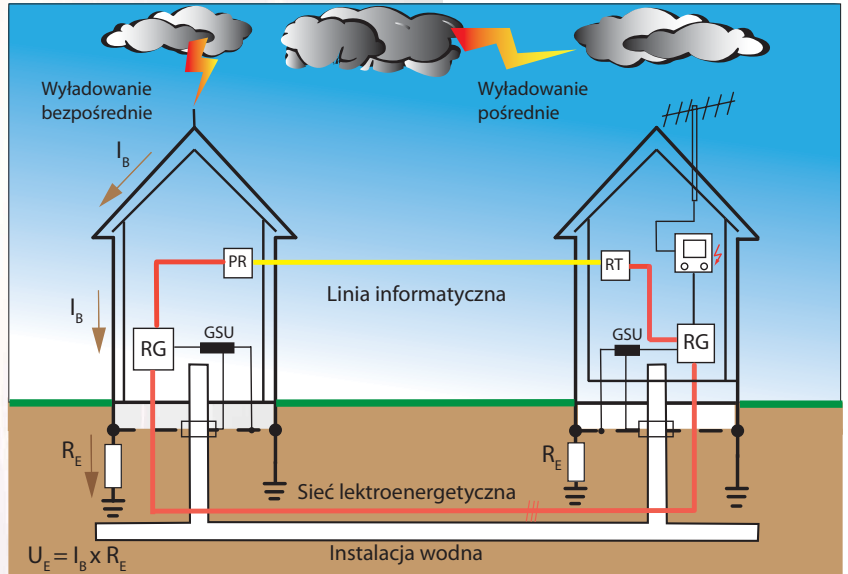


2. **Sprężenie magnetyczne pola** - (np. spowodowane pętlami - L na powyższym rysunku) w instalacji lub indukcyjności połączeń. Prąd piorunowy płynąc w kanale piorunowym, jak i w przewodzie odprowadzającym wytwarza pole magnetyczne, które w odległości ok. 100 metrów jest proporcjonalne do szybkości narastania prądu  $di/dt$ . Natężenie pola magnetycznego  $H(t)$  jest odwrotnie proporcjonalne do odległości od środka kanału wyładowania doziemnego  $r$ . Pole magnetyczne przenikając przez przewód indukuje napięcie w obwodzie utworzonym przez ten przewód proporcjonalnie do indukcji magnetycznej  $dH/dt$ .
3. **Sprężenie elektryczne pola** - (np. maszty, anteny itp.). Wartość natężenia pola elektrycznego równoznaczne z natężeniem pola wyładowania wstępnego dochodzi do ok. 500 kV/m. Po wystąpieniu głównego wyładowania doziemnego wartość pola elektrycznego gwałtownie maleje i należy liczyć się ze zmianami rzędu 500kV/μs. Taki mechanizm jest w większości odpowiedzialny za powstawanie przeskoków iskrowych, co wynika z dużych różnic potencjałów istniejących pomiędzy częściami instalacji obiektu. Na przenikanie pola elektromagnetycznego w wyposażeniu obiektu największy wpływ mają:
  - uziemienia
  - połączenia wyrównawcze
  - ekranowanie
  - przewody instalacji
  - rozmieszczenie wszelkich instalacji metalowych

Podobne mechanizmy powodują, że przepięcia mogą być przenoszone pomiędzy sąsiednimi obiektami połączonych wspólnymi instalacjami

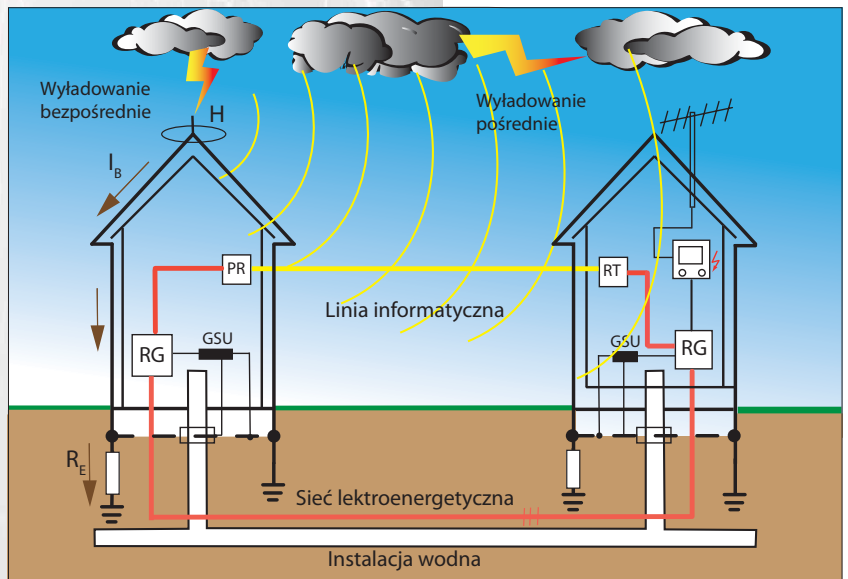
**Sprzężenie galwaniczne**

Poprzez wspólne impedancje przepięcia przenoszą się drogą galwaniczną od miejsca wyładowania do innego obiektu. Duże wartości prądu piorunowego wywołują na rezystancjach uziemienia przepięcie, które poprzez potencjał szyny wyrównawczej przenoszone jest na podłączone do niej przewody. Na przewodach odprowadzających prąd piorunowy powstaje dodatkowe przepięcie, które z powodu dużej stromości narastania przebiegu prądowego odkłada się głównie na składnikach indukcyjnych zgodnie z równaniem  $U_L = L \times di/dt$



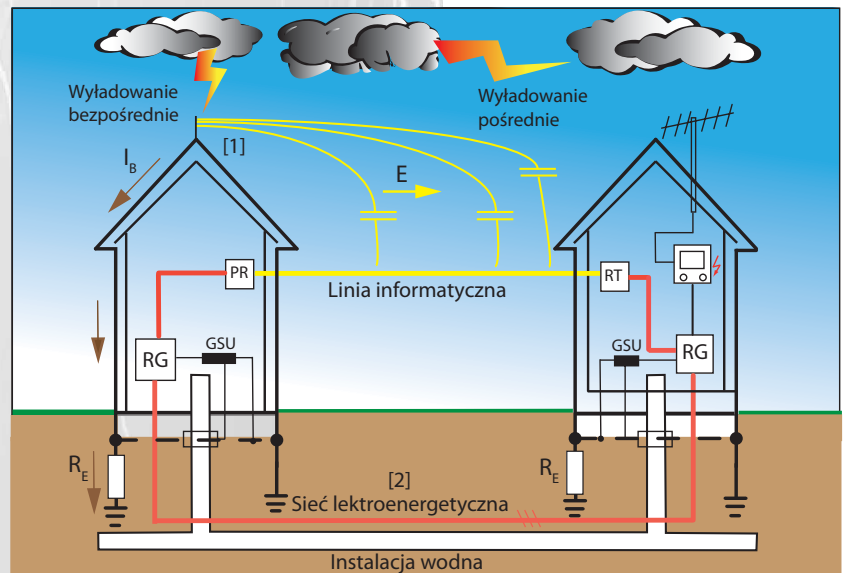
**Sprzężenie indukcyjne**

Sprzężenie indukcyjne następuje poprzez pole magnetyczne przewodu przewodzącego prąd zgodnie z zasadą indukcji elektromagnetycznej. Przepięcie wprowadzone bezpośrednio do przewodu powoduje w nim przepływ prądu udarowego o dużej stromości narastania  $di/dt$ . Jednocześnie powstaje wokół tego przewodu odpowiednio silne pole magnetyczne. W innych przewodach np. sygnałowych, znajdujących się w obszarze oddziaływania tego pola jest indukowane napięcie wzgl. przepięcie. Przepięcie to dociera do podłączonego do tych samych instalacji obiektu.



**Sprzężenie pojemnościowe**

Sprzężenie pojemnościowe następuje zasadniczo poprzez pole elektryczne między dwoma punktami o dużej różnicy potencjałów. Do przewodzącej części lub urządzenia 1 przyłożono wysoki potencjał, np. zwód odgromnika w czasie wyładowania atmosferycznego. Powstaje pole elektryczne między 1 i innymi częściami o niższym potencjale 2, np. przewodem zasilania lub transmisji danych w obrębie budynku. Napięcie między 1 i 2 dąży do wyrównania potencjałów i następuje przemieszczenie ładunków. Prowadzi to wzrostu napięcia lub przepięcia w przewodzie 2 i podłączonym do niego budynku.



## Ochrona odgromowa i przepięciowa obiektów budowlanych.

Strefowa koncepcja ochrony odgromowej (LPZ- Lightning Protection Zones)

Podstawowymi środkami ochrony odgromowej i przepięciowej przewidzianej przez europejskie i polskie normy są :

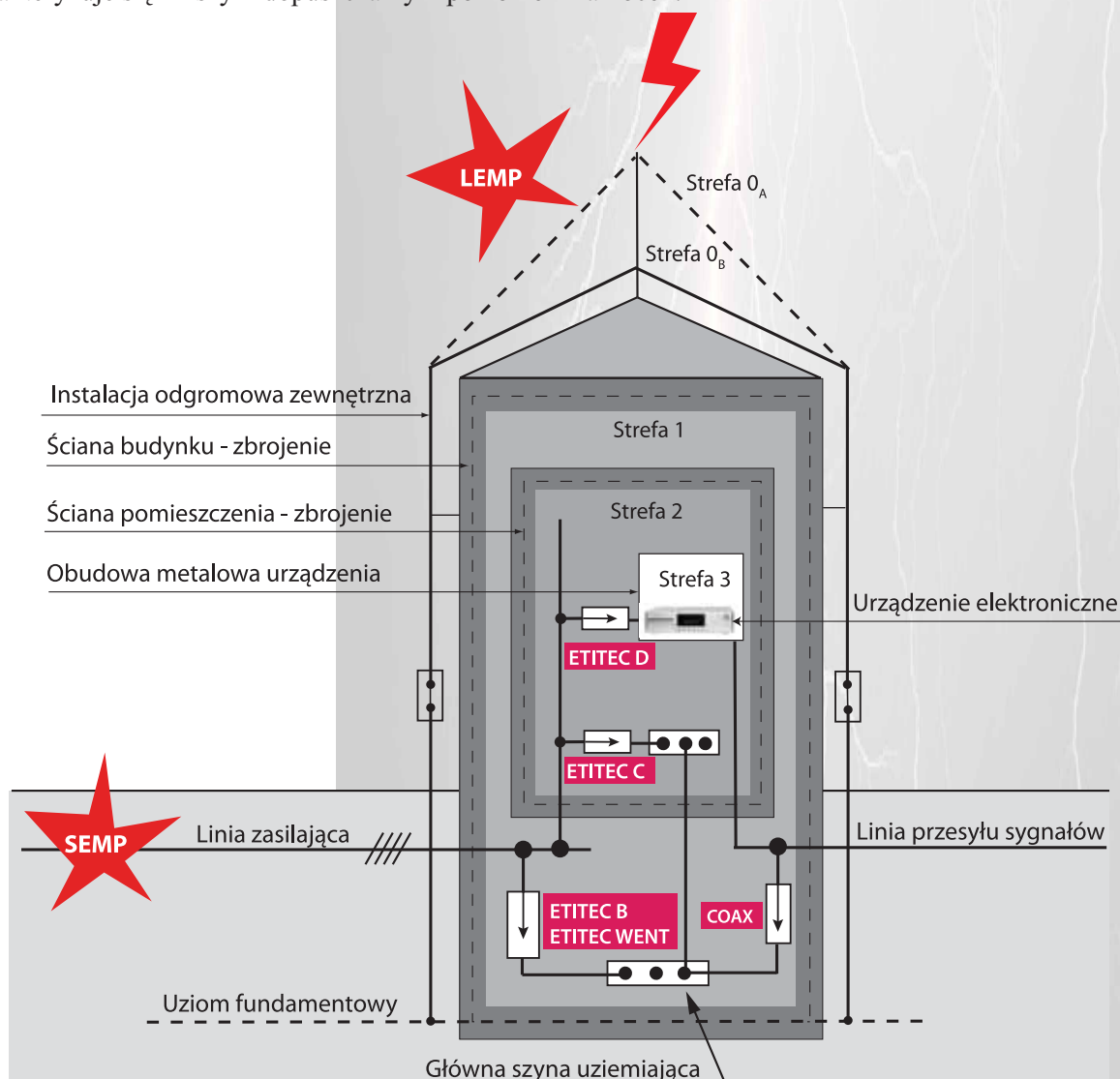
- **Odstępy izolacyjne** - głównie pomiędzy przewodami odprowadzającymi prąd piorunowy, a przewodami instalacji elektrycznej lub metalowymi częściami dostępnymi do dotyku bezpośredniego
- **Ekwipotencjalizacja** - łącznie z połączeniami wyrównawczymi i połączeniami wykonanymi między urządzeniem piorunochronnym a wszystkimi instalacjami (uziomem) i urządzeniami, na których nie występuje trwałe potencjał elektryczny.
- **Dodatkowe zabezpieczenia** - jak: ochronniki i ograniczniki przepięć na wejściu linii do obiektu
- **Ekranowanie** - przewodów, aparatów, pomieszczeń

Aby zapewnić bezawaryjne i niezawodne działanie urządzeń i systemów elektronicznych, przy projektowaniu ich skutecznego systemu ochrony przed przepięciami, należy brać pod uwagę, iż chronione urządzenia będą narażone na działanie zewnętrznych i wewnętrznych źródeł zakłóceń o zróżnicowanym charakterze i poziomie. Aby prawidłowo zaprojektować ochronę przed przepięciami w obiekcie budowlanym, zgodnie ze strefową koncepcją ochrony wydziela się strefy, w których dopuszcza się występowanie przepięć oraz impulsowego pola elektromagnetycznego (LEMP) o określonych wartościach. Do tego celu wykorzystuje się :

- różnego rodzaju ekrany (tłumienie LEMP)
- ograniczniki przeciwprzepięciowe
- kanały kablowe(kable) w obiektach i pomiędzy obiektami

Zasada strefowej koncepcji (LPZ) ochrony pokazana jest na poniższym rysunku.

Doboru aparatów i urządzeń, które mają pracować w konkretnych strefach należy wykonać w taki sposób, aby ich poziom odporności udarowej był wyższy od wartości szczytowej sygnałów zakłócających dopuszczalnych dla danej strefy ochrony przed przepięciami. Najbardziej zagrożonym obszarem jest strefa 0; każda następną strefa charakteryzuje się niższym dopuszczalnym poziomem zakłóceń.





## Strefa 0<sub>A</sub>

Urządzenia lub systemy elektroniczne pracujące w tej strefie są narażone na bezpośrednie uderzenie pioruna i oddziaływanie prądu piorunowego o nieograniczonej amplitudzie oraz podlegają działaniu pola elektromagnetycznego bez żadnych ograniczeń. Przyjmuje się, że stwarzający zagrożenie prąd piorunowy osiąga w czasie 10 ms wartość 100 kA. Czas do półszczytu prądu wynosi 350 ms. Zagrożenie dotyczy urządzeń technicznych, pracujących na wolnym powietrzu nie zabezpieczonych przed udarami napięciowymi i prądowymi. Analizując powyższe zagrożenia należy też liczyć się z występowaniem prądu piorunowego o parametrach, w zależności od klasy ochrony odgromowej, przedstawionych w **tabeli 1**. W zależności od tego, zgodnie z jaką klasą ochrony odgromowej zostanie wykonana instalacja odgromowa, uzyskuje się odpowiednią skuteczność systemu ochrony odgromowej. Wartości skuteczności systemu ochrony odgromowej dla poszczególnych klas ochrony odgromowej przedstawiono również w **tabeli 1**.

**Tablica 1**

Parametr	Symbol	Jednostka	Poziom ochrony odgromowej		
			I	II	III - IV
Wartość szczytowa prądu	$I_{max}$	kA	200	150	100
Czas trwania czoła	t	μs	10	10	10
Czas trwania do półszczytu T2	t	μs	350	350	350
Ładunek całkowity	$Q_{total}$	C	300	225	150
Ładunek impulsowy	$Q_{imp}$	C	100	75	50
Energia właściwa	W/R	kJ/Ω	10 000	5 600	2 500
Stromość narastania	di/dt	kA/μs	200	150	100
Skuteczność systemu ochrony odgromowej			0,98	0,95	0,90 - 0,80

## Strefa 0<sub>B</sub>

Urządzenia pracujące w tej strefie narażone są na bezpośrednie oddziaływanie pola elektromagnetycznego wywołanego przez prąd piorunowy (podobnie jak w strefie 0<sub>A</sub>) oraz udarów napięciowych i prądowych indukowanych przez prądy piorunowe. Nie są natomiast narażone na bezpośrednie uderzenia pioruna. Są to urządzenia zainstalowane w nieekranowanych obiektach, pozbawione własnych ekranów elektromagnetycznych (np. metalowej osłony lub obudowy) oraz nie chronione przed udarami napięciowymi i prądowymi.

## Strefa 1

Obszar pozbawiony bezpośrednich uderzeń pioruna ale może być narażony na działanie zredukowanych prądów piorunowych. Prąd piorunowy jest zredukowany przez elementy tworzące pierwszy stopień ochrony przed przepięciami (ochrona przepięciowa podstawowa). Urządzenia i instalacje pracujące w tej strefie są narażone na działanie zredukowanego pola elektromagnetycznego. Impulsowe pole elektromagnetyczne jest zredukowane gdy wnikając ze strefy 0<sub>B</sub> trafia na przeszkodę w postaci ekranu, które tworzą połączone ze sobą elementy przewodzące konstrukcji budynku takie jak :

- żelbetowe, zbrojone ściany
- lite ekrany pomieszczeń
- metalowe osłony i obudowy samych urządzeń

Analogicznie tworzy się kolejne strefy ochrony odgromowej wprowadzając dodatkowe ekrany oraz kolejne stopnie ochrony przed udarami napięciowymi i prądowymi w zależności od zapotrzebowania na dyspozycyjność urządzeń. Pomiędzy strefami w instalacji elektrycznej i w liniach przesyłu sygnałów powinny być instalowane elementy lub układy ograniczające przepięcia atmosferyczne - ograniczniki przepięć. Urządzenia wyposażenia technicznego przeznaczone do instalowania w danej strefie należy dobierać w taki sposób, aby ich odporność udarowa była większa niż dopuszczalne wartości szczytowe sygnałów udarowych, jakie mogą wystąpić w danej strefie. W większości obiektów budowlanych wyposażonych w mało odporne urządzenia lub systemy elektroniczne najczęściej jest stosowana dwu- lub trójstopniowa ochrona przeciwprzepięciowa w instalacji elektrycznej oraz jedno- lub dwustopniowa w liniach przesyłu sygnałów.

Przytoczone w Tablicy 1 poziomy ochrony odgromowej zostały określone w normie PN-IEC 60124 i odpowiadają następującym wymaganiom :

- IV poziom ochrony - ochrona podstawowa
- III poziom ochrony - ochrona obostrzona
- II poziom ochrony - obiekt zagrożony wybuchem
- I poziom ochrony - zbiornik naziemny zagrożony wybuchem

## Ochrona odgromowa - zewnętrzna obiektów budowlanych przed bezpośrednim działaniem prądu piorunowego

W czasie bezpośredniego wyładowania piorunowego w obiekt budowlany prawidłowo zaprojektowana i wykonana zewnętrzna instalacja odgromowa (LPS - Lighting Protection System) powinna przejąć prąd piorunowy i skutecznie odprowadzić go do uziemienia. Przepływ tego prądu piorunowego nie powinien spowodować jakichkolwiek szkód w chronionym obiekcie i powinien być bezpieczny dla ludzi i zwierząt przebywających wewnątrz i na zewnątrz budynku.

Projekt instalacji odgromowej zewnętrznej powinien być oparty o wymagania aktualnej normy w języku polskim PN-EN 62305, która kompleksowo przedstawia zagadnienia ochrony odgromowej. Obowiązują również normy: PN- .../E-05003 - Ochrona odgromowa obiektów budowlanych oraz PN-EN 60124 pod tym samym tytułem, które zostały wprowadzone do obowiązkowego stosowania w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 roku w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. ust. nr 75/2002 poz. 690).

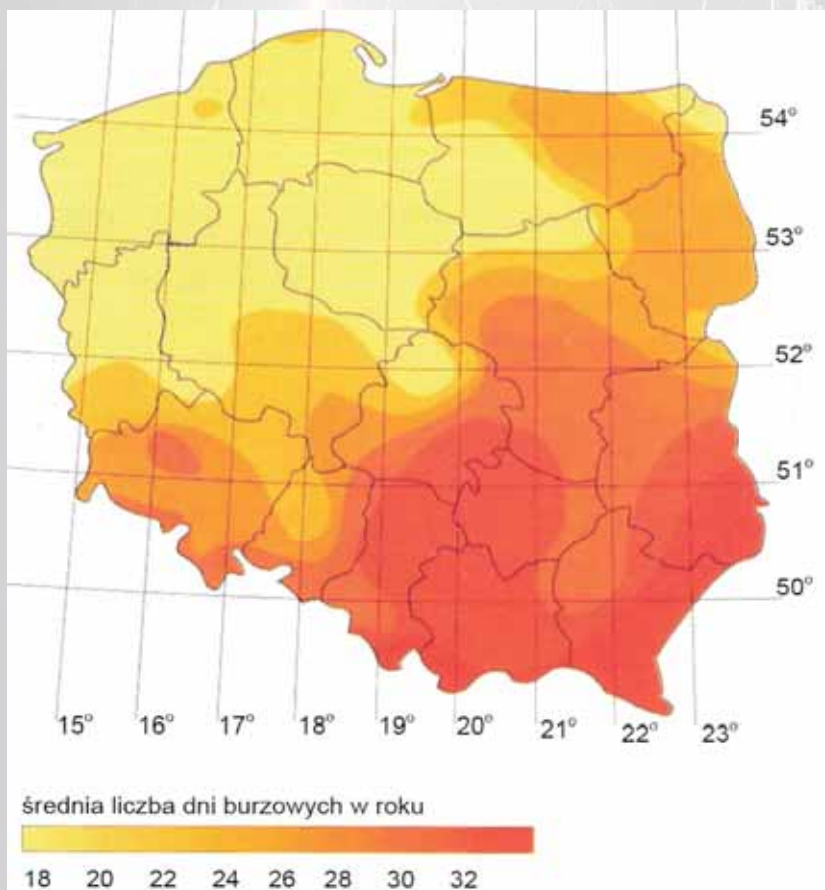
Z wyżej wymienionych norm wynika że :

- oceniając zagrożenie przepięciowe obiektu i jego instalacji elektrycznych należy brać pod uwagę nie tylko wyładowania bezpośrednie w linie elektroenergetyczne zasilające obiekt oraz w sam obiekt i jego instalację odgromową, ale również te wyładowania, które trafiają w pobliżu obiektu i linii powodując przepięcia w instalacji elektrycznej w wyniku sprzężenia indukcyjnego i rezystancyjnego.
- przepięcia indukowane o wartościach przekraczających wytrzymałość napięciową izolacji chronionych urządzeń mogą być powodowane przez wyładowania piorunowe występujące w odległości nawet kilku kilometrów od chronionego obiektu.
- spadki napięć wywołane przepływem prądów piorunowych na uziemieniu danego obiektu wywołują powstanie przepięć we wszystkich połączonych ze sobą instalacjach (również wodnych i gazowych), w tym również w instalacjach w sąsiednich obiektach.
- obecność w pobliżu wysokich obiektów (wieże, drzewa itp.) zwiększa prawdopodobieństwo wyładowania w ten obiekt, a tym samym wystąpienia przepięć w instalacjach niższych obiektów mimo wyposażenia ich w indywidualne instalacje odgromowe.
- zasilające linie napowietrzne są bardziej narażone na wyładowania piorunowe i powodowane nimi przepięcia niż linie kablowe.
- pojawiające się w instalacjach elektroenergetycznych przepięcia atmosferyczne nie są wystarczająco tłumione i nadwyrężają prawidłowo skoordynowaną izolację urządzeń elektrycznych i elektronicznych.
- decyzja o potrzebie zastosowania ochrony odgromowej i jej technicznym rozwiązaniu zależy głównie od usytuowania obiektu, od rodzaju (układu) instalacji i przyłączonych do nich urządzeń i ich przeznaczenia i powinna być podejmowana na podstawie wyników oceny ryzyka wystąpienia uszkodzeń.
- w niektórych przypadkach (niekiedy bardzo częstych choć łagodniejszych) ochrona przed przepięciami wywołanymi wyładowaniami pośrednimi, może mieć priorytet przed ochroną od znacznie większych, ale rzadziej występujących przepięć wywołanych wyładowaniami bezpośrednimi.

Dokonując oceny ryzyka zgodnie z wymienną wyżej normą PN-EN 62305, należy uwzględnić wszystkie możliwe szkody, które mogą zostać wyrządzone w obiekcie i w jego wyposażeniu poprzez ocenę wystąpienia możliwości :

a) - porażenia istot żywych wskutek napięć dotykowych i krokowych powodowanych w obiekcie przez wyładowania bezpośrednie w obiekt oraz przez wyładowania we wchodzące do obiektu instalacje.

b) - szkód fizycznych (mechanicznych, termicznych, wybuchowych) powodowanych przez wyładowania bezpośrednie w obiekt lub przeskok iskry oraz przez wyładowania bezpośrednie we wchodzące do obiektu instalacje.



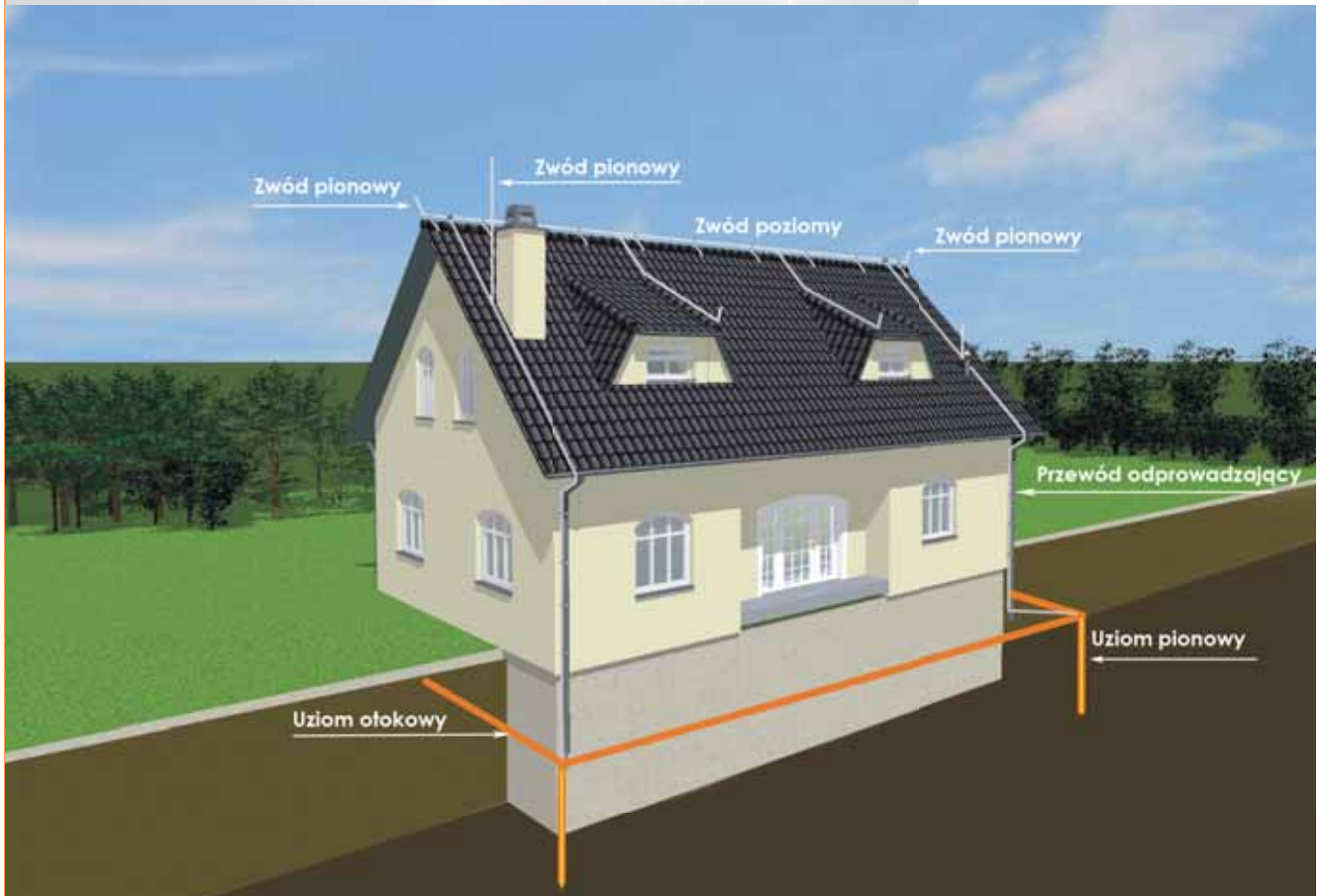
Rys. 1 Średnia liczba dni burzowych w Polsce



c) - awarii wyposażenia elektrycznego i elektronicznego wraz z wszystkimi konsekwencjami, na skutek przepięć spowodowanych przez sprzężenia rezystancyjne i indukcyjne z wyładowaniami bezpośrednimi, z wyładowaniami we wchodzące do obiektu instalacje oraz z wyładowaniami pobliskimi.

Jednym z aspektów, który należy uwzględnić przy ocenie zagrożenia jest roczna lokalna gęstość wyładowań -  $N_g$  (ilość/km<sup>2</sup>/rok) ustalona bezpośrednio przez instytucje rejestrujące wyładowania piorunowe (mapka średnich dni burzowych w Polsce - poziom izokerauniczny - poniżej) lub przyjęte empirycznie za pomocą podanych w normie odpowiednich współczynników -  $N_g$  dla odpowiednich szerokości geograficznych.

Po podjęciu decyzji o zastosowaniu zewnętrznej instalacji piorunochronnej należy ją prawidłowo zaprojektować posługując się wymaganiami wymienionych już norm. Prawdopodobieństwo wyładowania piorunowego przenikającego do chronionej przestrzeni jest znacznie zmniejszone, jeśli instalacja odgromowa a szczególnie jej elementy - zwody, przewody odprowadzające itp. są właściwie zaprojektowane.

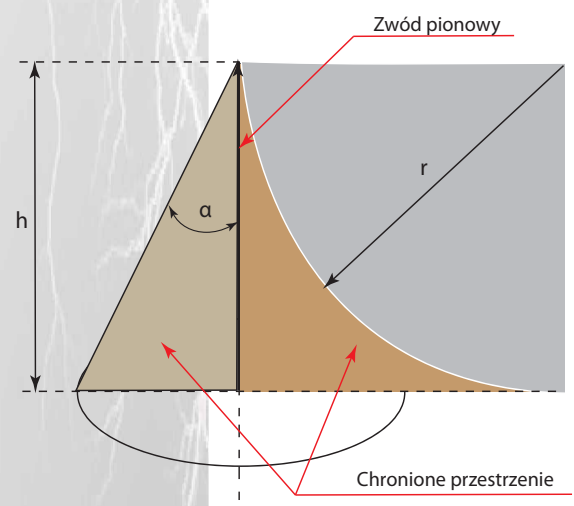


Rys. 1 Budynek mieszkalny z zewnętrzną instalacją odgromową

Przy projektowaniu zwodów mogą być stosowane niezależnie lub w dowolnej kombinacji metody :

- a) Kąta ochronnego
- b) Toczącej się kuli
- c) Wymiarowania sieci (siatka)

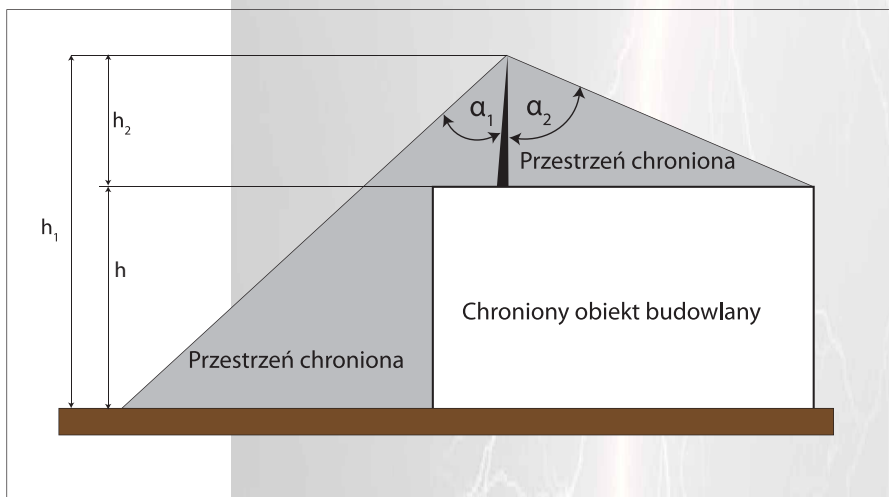
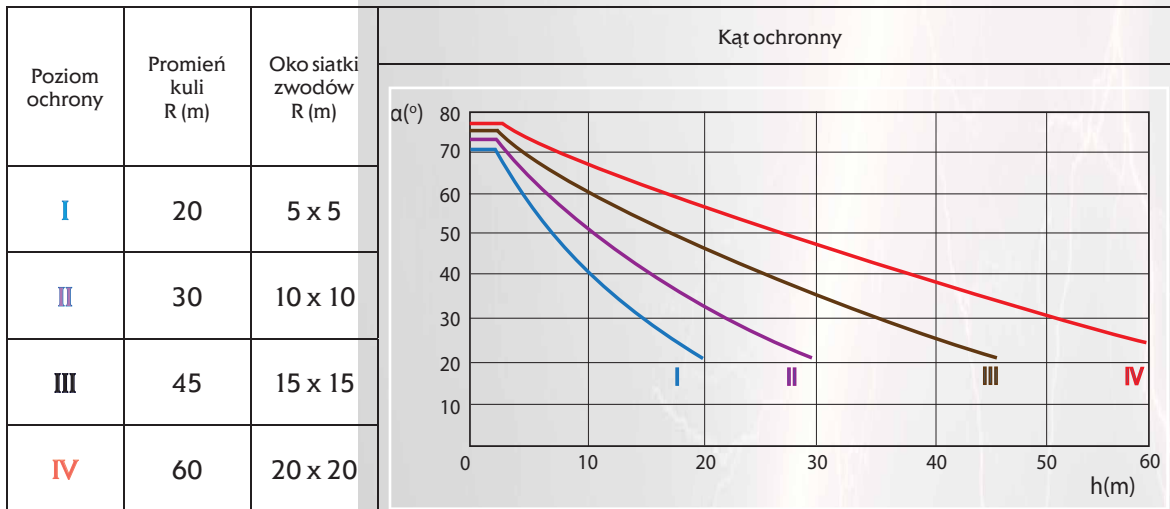
Metoda kąta ochronnego polega na wyodrębnieniu takiego kąta ochronnego  $\alpha$  oraz wysokości zwodu  $h$  (rysunek obok) i „wyobrażonej” bryły - stożka obrotowego niejako zawieszzonego na zwodach, a pokrywającego całkowicie chroniony obiekt. Bryła ochronna powinna sprawić aby prawdopodobieństwo przeniknięcia wyładowania piorunowego przez jej powierzchnię zostało zredukowane do wystarczająco niskiego - założonego poziomu ochrony. Wymiary zwodów powinny spełniać zależności podane w tabelicy 2. (Str. 14)



Rys. 2 Tworzenie przestrzeni ochronnej przez pojedynczy zwód

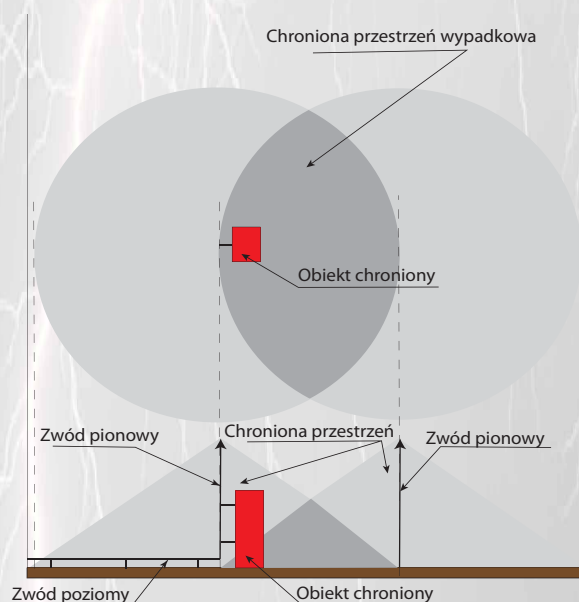


Tablica 2 Wartości podstawowych parametrów charakteryzujących właściwości ochronne zwodów na dachu obiektu



Przykład tworzenia przestrzeni ochronnych przez pojedynczy zwód umieszczony na budynku  
 Gdzie : Kąt  $\alpha_1$  obok obiektu - wartość kąta zależy od wysokości zwodu (mierzonej od powierzchni gruntu).  
 Kąt  $\alpha_2$  na dachu obiektu - wartość kąta zależy od wysokości zwodu (mierzonej od powierzchni dachu)

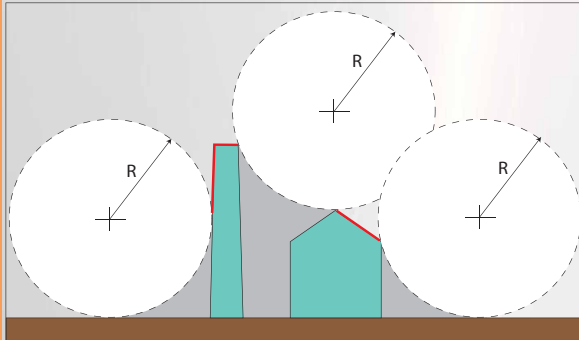
Rysunek obok - Przykład tworzenia strefy ochronnej przez dwa zwody pionowe



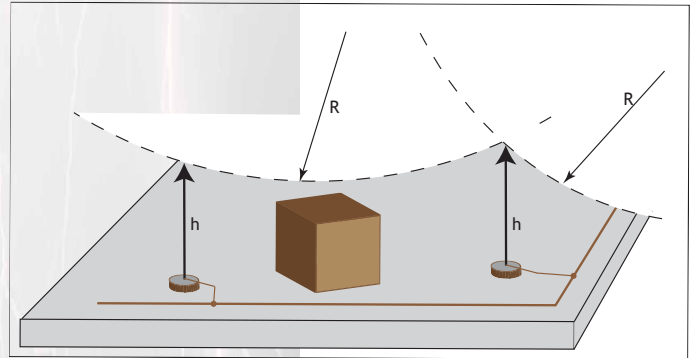
W wymienionych wcześniej normach przyjęto również możliwość wyznaczania stref ochronnych wykorzystując zasadę toczącej się kuli:

- w sąsiedztwie analizowanego budynku Rys. 1.
- po dachu obiektu, na którym są zamontowane urządzenia techniczne (np. elementy wentylacyjne, ogniwa fotowoltaiczne itp.) Rys. 2.

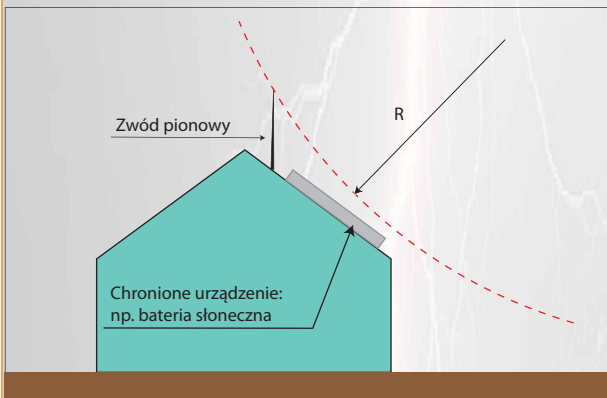
W te miejsca ( Rys. 1 - oznaczone na czerwono), które są dotykane przez kulę (i wyższe), istnieje możliwość bezpośredniego uderzenia pioruna. Promienie kul w zależności od przyjętego poziomu ochrony podano również w tabelicy 2 (Str. 14). Jeżeli narażone na uderzenie pioruna okazały się być wyłącznie punkty na zwodach pionowych (Rys. 2) to ochrona obiektu została zaprojektowana właściwie. W przeciwnym przypadku należy udoskonalić ochronę zewnętrzną i ponownie przeprowadzić próbę. W wyniku tej procedury określamy również przestrzeń chronioną w otoczeniu budynku.



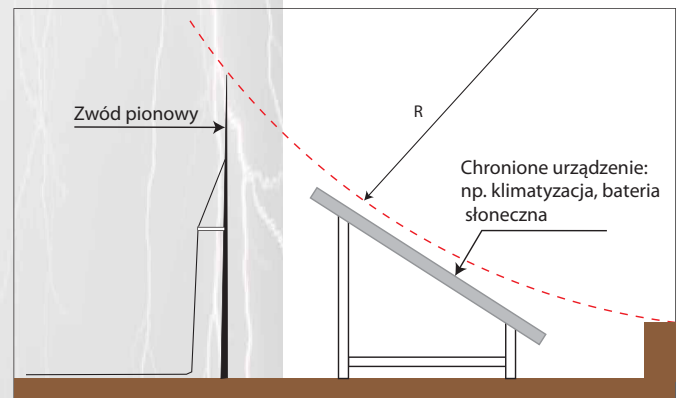
Rys. 1 Zasada określania chronionej przestrzeni metodą „toczącej się kuli”



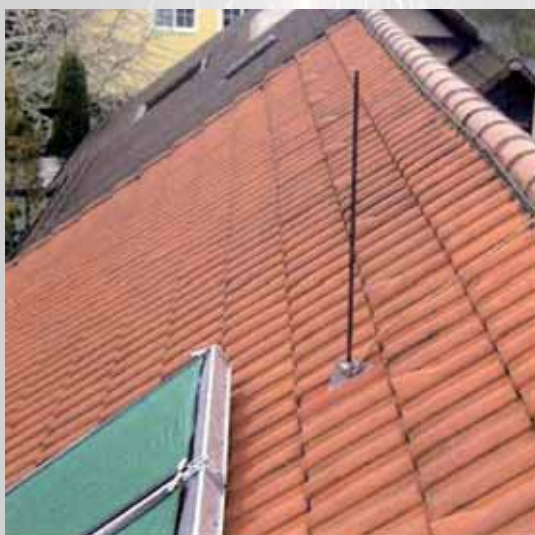
Rys. 2 Przestrzeń chroniona znajduje się pod linią przebiegającą wierzchołkami zwodów



Rys. 3 Zasada określania chronionej przestrzeni metodą „toczącej się kuli” na dachu pochyłym



Rys. 4 Zasada określania chronionej przestrzeni metodą „toczącej się kuli” na dachu płaskim



Przykłady realizacji strefy ochronnej za pomocą zwodów pionowych

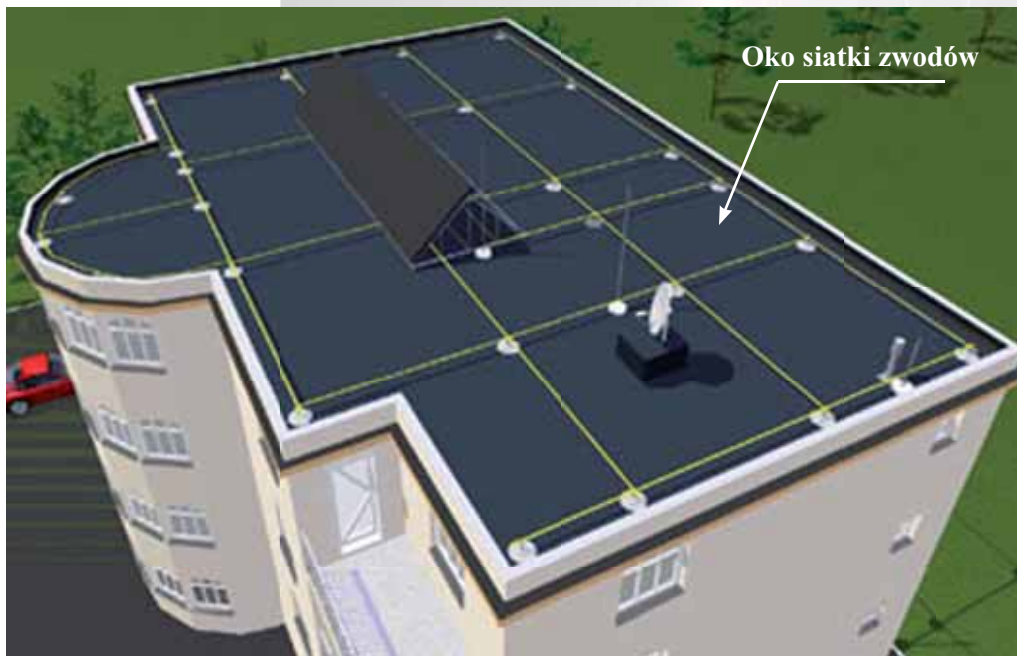
Metoda tworzenia przestrzeni ochronnych poprzez wymiarowanie sieci tzw. siatki jest stosowana do ochrony odgromowej dachów płaskich. Zwody poziome i pionowe są tak układane, że tworzą siatkę o ściśle określonych wymiarach oka. Podczas tworzenia siatki należy pamiętać aby :

- zachować bezpieczne odległości od chronionych urządzeń i instalacji.
- zwód może zostać ułożony bezpośrednio na dachu lub tuż nad nim pod warunkiem, że przepływający prąd piorunowy nie spowoduje uszkodzenia lub zapalenia pokrycia dachowego.
- w przypadku pokryć dachów wykonanych tworzyw łatwopalnych należy stosować zwody poziome podwyższone izolowane, poziome wysokie lub pionowe nie izolowane.
- wymiary pojedynczego oka siatki zwodów poziomych nie mogą przekraczać wartości podanych w Tablicy 2 str. 14

Zwody pionowe stosuje się wszędzie tam, gdzie :

- ze względów technicznych nie można zamontować zwodów poziomych
- konieczne jest stworzenie strefy ochronnej (np. nad zbiornikami z paliwami)

Zwody (naturalne i sztuczne) są to elementy instalacji, które są bezpośrednio narażone na oddziaływanie prądu piorunowego. Każdy element instalacji odgromowej musi wytrzymać przepływ tego prądu, którego szczytowe wartości zostały podane w Tablicy 1 str. 11.



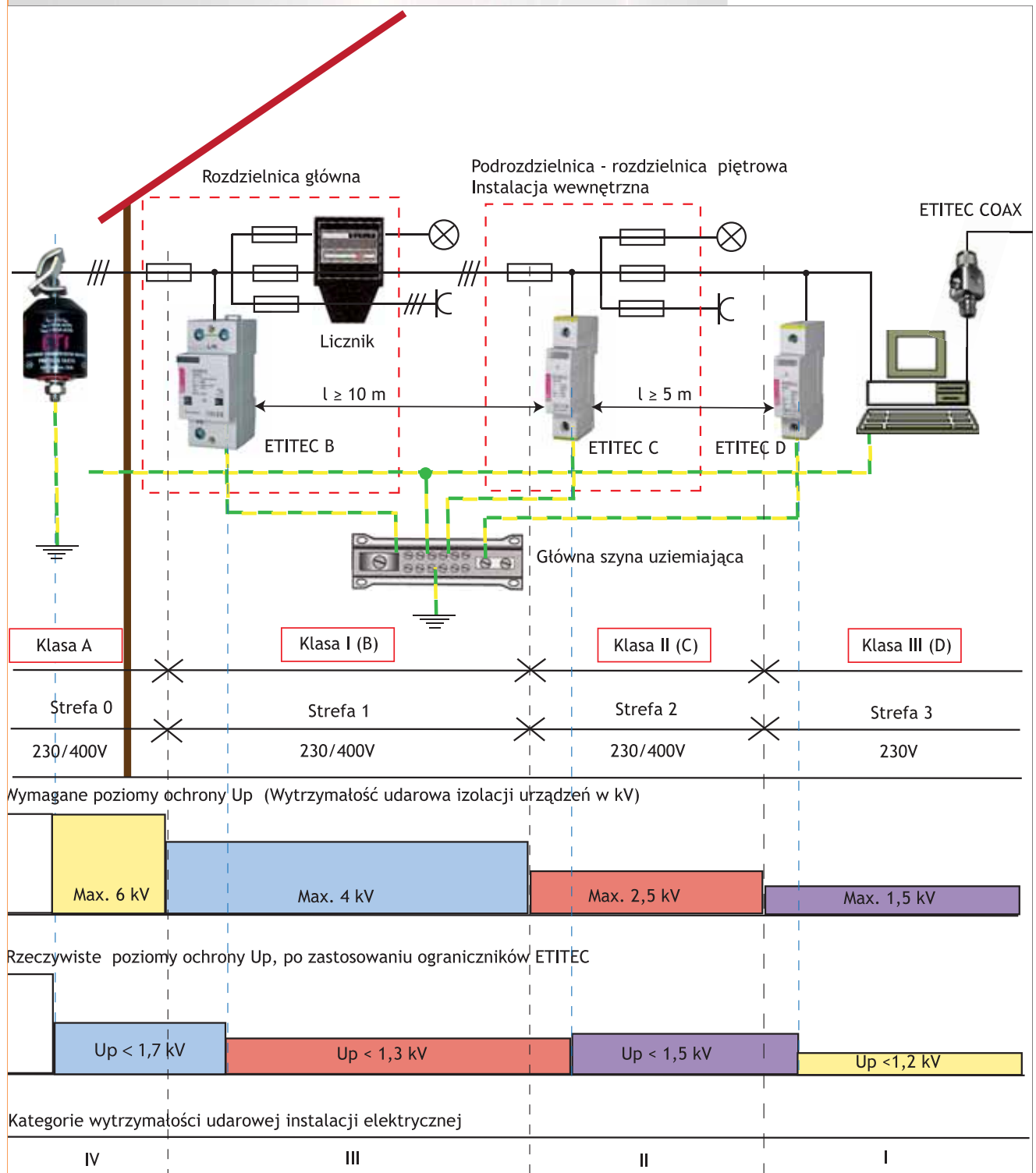
Rys. 1 Przykład zastosowania siatki zwodów na dachu płaskim



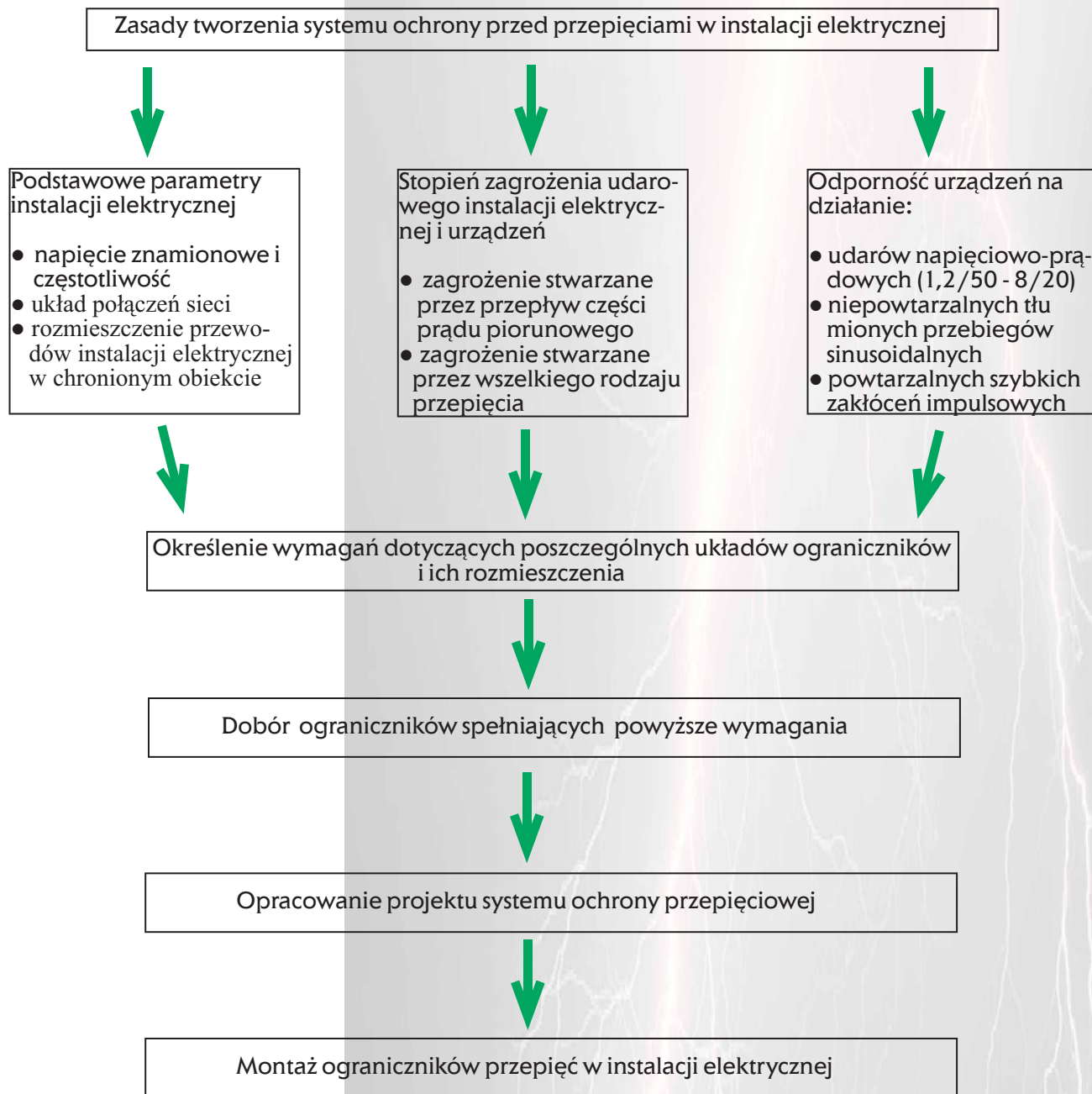
## Systemy ograniczania przepięć w instalacjach elektroenergetycznych

Jak już wcześniej wspomniano, w chronionym obiekcie, w którym wyznaczono strefy ochronne, przy przejściu instalacji elektrycznej z jednej strefy do drugiej powinno nastąpić ograniczenie do wartości dopuszczalnych w danej strefie, napięć i prądów uderowych występujących w nisko napięciowych instalacjach elektroenergetycznych oraz impulsów pola elektromagnetycznego. Projektując systemy ograniczania przepięć należy wyznaczyć:

- wymagany poziom ochrony w analizowanym obiekcie
  - wszystkie możliwe drogi wnikania uderów do chronionych urządzeń i instalacji
  - przybliżone wartości napięć i prądów uderowych dopuszczalnych w poszczególnych strefach
  - poziom odporności uderowej chronionych urządzeń
  - parametry ograniczników przepięć umieszczanych na granicach poszczególnych stref ochronnych.
- Ogólne zasady tworzenia takiego systemu pokazano na Rys. 1 Str. 18.



Rys. 1 Wielostopniowy układ ograniczników przepięć oraz podział instalacji elektrycznej: na strefy ochronne, wymagane poziomy ochrony oraz na kategorie



Rys. 1 Ogólne zasady tworzenia systemu ograniczania przepięć

### Podział instalacji elektrycznej na kategorie wytrzymałości udarowej - koordynacja izolacji.

Na Rys. 1 Str. 17 pokazano wielostopniowy układ ograniczników przepięć oraz podział instalacji elektrycznej: na strefy ochronne, wymagane poziomy ochrony w danych strefach oraz na cztery kategorie wytrzymałości udarowej wg. normy PN-IEC 60364-4-443. Kategorie te zostały wprowadzone aby wyodrębnić funkcjonalność urządzeń elektrycznych pod względem wymagań dotyczących bezawaryjnej pracy i ryzyka ich uszkodzeń. Poprzez prawidłowy dobór urządzeń elektrycznych osiąga się koordynację izolacji instalacji elektrycznej.

Koordynacja izolacji ze względu na przepięcia przejściowe polega na ograniczaniu poziomów przepięć poprzez stosowanie środków ochronnych w zależności od kategorii przepięcia, dzięki czemu można zmniejszyć ryzyko uszkodzenia przyłączonych urządzeń. Zasady te podają wytyczne identyfikowania i określania miejsc w instalacji elektrycznej, w których mogą występować przepięcia o konkretnych wartościach, dla poszczególnych kategorii instalacji.

**Kategoria wytrzymałości udarowej IV** - obejmuje urządzenia, znajdujące się na początku instalacji elektrycznej, np. budynku lub w pobliżu złącza przed rozdzielnią główną, narażone zarówno na przepięcia łączeniowe jak i przepięcia pochodzące od wyładowań atmosferycznych. Urządzenia te powinny być zaprojektowane na wytrzymałość udarową izolacji 6 kV.

**Kategoria wytrzymałości udarowej III** - obejmuje urządzenia rozdzielcze oraz obwody odbiorcze narażone na przepięcia łączeniowe oraz przepięcia zredukowane (za pomocą ograniczników przepięć (klasy A) pochodzące od wyładowań atmosferycznych. Urządzeniami tymi są: sieć przesyłowa, rozdzielnice, obwody zasilania wind, oświetlenie klatek schodowych, korytarzy, pomieszczeń gospodarczych itp.

Urządzenia elektryczne	Urządzenia elektryczne zawierające czułe elementy elektroniczne	Czułe urządzenia elektroniczne	Bardzo czułe urządzenia elektroniczne
Wymagany poziom ochrony $U_p = 1,8 \text{ kV}$ do $2,5 \text{ kV}$ Kat. IV	Wymagany poziom ochrony $U_p = 1,5 \text{ kV}$ do $1,8 \text{ kV}$ Kat. III	Wymagany poziom ochrony $U_p = 1 \text{ kV}$ do $1,5 \text{ kV}$ Kat. II	Wymagany poziom ochrony $U_p = 0,5 \text{ kV}$ do $1 \text{ kV}$ Kat. I

Rys. 1 Przykładowy podział urządzeń w zależności od wymaganej wytrzymałości udarowej i wymaganego poziomu ich ochrony

**Kategoria wytrzymałości udarowej II** - obejmuje urządzenia przyłączone (w tym urządzenia przenośne) do instalacji stałej budynku np. sprzęt AGD oraz te urządzenia, od których wymagana jest podwyższona dyspozycyjność, narażone na przepięcia łączeniowe i przepięcia atmosferyczne zredukowane. Dopuszczalne wartości przepięć - mniejsze niż w instalacji kategorii III.

**Kategoria wytrzymałości udarowej I** - obejmuje urządzenia specjalnie chronione, wymagające szczególnej niezawodności takich jak - systemy komputerowe, urządzenia telekomunikacyjne, medyczne itp. Rys. 1.

Im wyższy numer kategorii, tym większa wytrzymałość udarowa urządzeń oraz istnieje większy wybór metod ograniczania przepięć. Ograniczniki przepięć montowane na liniach napowietrznych (Klasa A) mają za zadanie chronić III kategorię instalacji.

### Ograniczniki przepięć w instalacjach elektrycznych

Aparatami służącymi do ochrony instalacji elektrycznych i urządzeń przed skutkami przepięć zarówno atmosferycznych jak i łączeniowych są warystorowe ograniczniki przepięć ETITEC (Rys. 2). Jedynym elementem czynnym tego typu ograniczników jest warystor (Rys. 2, Str. 20). Jest to rezystor pastylkowy wykonany z tlenku cynku (ZnO) jako spiek ceramiczny (Rys. 4, Str. 20), o silnie nieliniowej charakterystyce napięciowo-prądowej (Rys. 1, str. 20). Na charakterystyce tej można wyróżnić kilka punktów pracy warystora. Pierwszy z nich to napięcie trwałej pracy, oznaczone  $U_c$  - jest to wartość skuteczna napięcia przemiennego, które może być trwale doprowadzone do zacisków ogranicznika. W praktyce jest to napięcie sieci, pod którego wpływem przez warystor płynie niewielki (kilkanaście mikroamperów) sinusoidalny prąd upływu. Ogranicznik w tych warunkach przedstawia bardzo dużą rezystancję. W chwili pojawienia się na zaciskach ogranicznika przepięcia jego rezystancja gwałtownie się zmniejsza i przez ogranicznik zaczyna płynąć udarowy prąd wyładowczy. Spadek napięcia na zaciskach ogranicznika podczas przepływu tego prądu przez ogranicznik, zwany napięciem obniżonym ( $U_p$ ), stanowi o

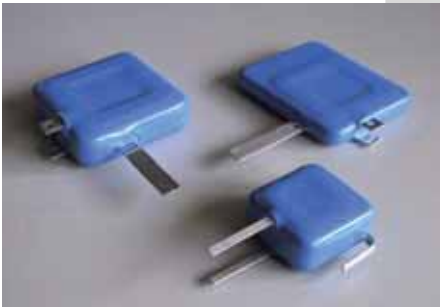


Rys. 2 Schemat ogranicznika przepięć z warystorem i z zabezpieczeniem termicznym

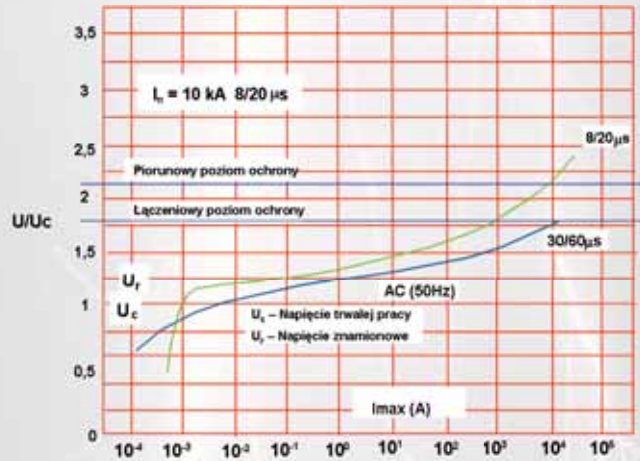
← Rys. 3 Ograniczniki przepięć ETITEC



poziomie ochrony ogranicznika i ma decydujące znaczenie w skuteczności ochrony. Na charakterystyce warystora - Rys. 1 zaznaczono dwa poziomy ochrony: piorunowy i łączeniowy. Piorunowy poziom ochrony jest spadkiem napięcia w czasie przepływu przez ogranicznik piorunowego udaru prądowego (charakterystyczny kształt - 8/20  $\mu$ s), natomiast poziom ochrony łączeniowy jest spadkiem napięcia przy łączeniowym udarze prądowym (kształt - 30/60  $\mu$ s). Po przepływie prądu wyładowczego przez ogranicznik i pochłonięciu przez niego energii wyładowania oraz odprowadzeniu jej do ziemi, wraca on do swego poprzedniego punktu pracy i jest gotowy na przyjęcie kolejnego przepięcia.

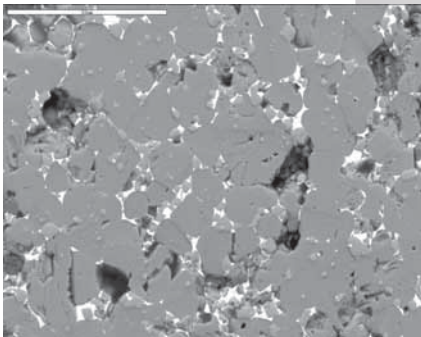


Rys. 2 Elementy warystorowe ograniczników przepięć ETITEC

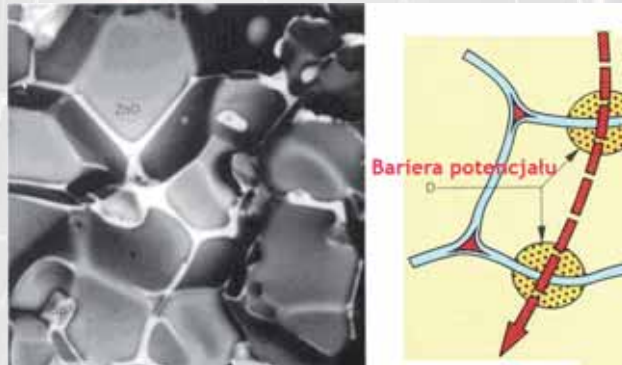


Rys. 1 Charakterystyka napięciowo-prądowa warystorowych ograniczników przepięć

Warystory tlenkowe ZnO są krystalicznymi półprzewodnikami złożonymi z ziaren ZnO i innych tlenków metali, np.  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ , CoO, MnO o różnej zawartości procentowej. Są bardzo starannie mieszane i prasowane pod wysokim ciśnieniem - Rys. 2. Oprócz ziaren ZnO o średnicy od 5-20  $\mu$ m oraz dodatkowych pierwiastków w formie stałej lub rozpuszczonej istnieją także liczne defekty (dziury) struktury krystalicznej.



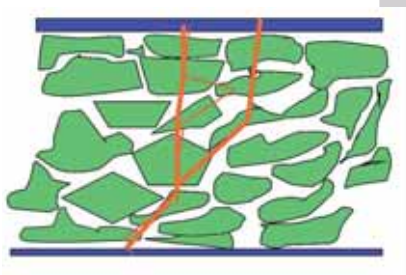
Rys. 4 Struktura wewnętrzna warystora tlenkowego ZnO



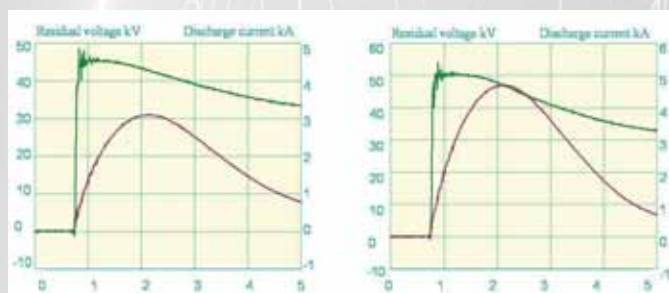
Rys. 3 Schemat mikrostruktury warystora z zaznaczoną ścieżką prądową

Zarówno dodatki jak i defekty mogą zostać zjonizowane przez zewnętrzne pole elektryczne, a powstałe w ten sposób ładunki przestrzenne tworzą wraz z ujemnymi ładunkami na granicy ziaren ZnO barierę potencjałów - Rys. 3, która odgrywa decydującą rolę w mechanizmie przewodzenia prądu wyładowczego.

Przepływ prądu przez ceramikę odbywa się wzdłuż licznych równoległych dróg prądowych stanowiących szeregowo połączenie licznych ziaren i styków międzyziarnowych. Prąd całkowity składa się więc z wielu prądów cząstkowych, płynących jednocześnie od jednej elektrody warystora do drugiej. W miarę wzrostu napięcia włączają się kolejno następne ścieżki powodując wzrost prądu ( Rys. 4).



Rys. 4 Schemat tworzenia się ścieżek prądowych w warystorze tlenkowym



Rys. 5 Przebieg napięcia i prądu wyładowczego w czasie działania warystorowego ogranicznika przepięć

Czas potrzebny do zadziałania (przejścia w stan przewodzenia) ogranicznika od chwili osiągnięcia przez napięcie na warystorze odpowiedniego poziomu wynosi zwykle ok. kilkadziesiąt nanosekund. Tak krótki czas zadziałania ograniczników warystorowych jest ich istotną zaletą w porównaniu z ogranicznikami iskiernikowymi. Przewodzą one prąd elektryczny całą swoją objętością i dzięki temu mają dużą zdolność absorpcji energii oraz wysoką odporność na udary prądowe. Z uwagi na to, że ogranicznik po zadziałaniu i przepuszczeniu prądu wyładowczego w bardzo krótkim czasie powraca do stanu izolacyjnego w ogranicznikach warystorowych nie występuje zjawisko przepływu prądu następczego charakterystycznego dla ograniczników iskiernikowych. Ponadto elementy warystorowe posiadają możliwość ich równoległego łączenia w celu podwyższenia obciążalności prądowej ograniczników, co również stanowi ich poważną zaletę. Każdy ogranicznik posiada w swojej aplikacji bezpiecznik termiczny, który w przypadku przekroczenia przez prąd wyładowczy dopuszczalnej wartości, odłącza warystor powodując przerwę w obwodzie, w którym był zainstalowany.

### Podział ograniczników przepięć

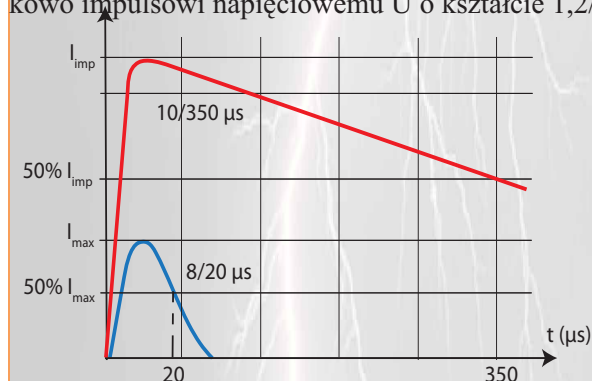
Uwzględniając występujące zagrożenia oraz wymagane poziomy ochrony przepięciowej, ograniczniki przeznaczone do montażu w instalacji elektrycznej o napięciu do 1000 V podzielono na kilka klas. Przeznaczenie ograniczników przepięć poszczególnych klas oraz miejsca ich montażu zestawiono w tablicy 1.

Tablica 1. Podział ograniczników przepięć stosowanych w sieciach elektroenergetycznych niskiego napięcia

Nazwa ogranicznika	Klasa Typ (wg PN-IEC 61643-11)	Przeznaczenie	Miejsce montażu
Ograniczniki przepięć montowane na liniach napowietrznych	II (A)	Ochrona przed przepięciami atmosferycznymi i łączeniowymi	Linie elektroenergetyczne napowietrzne niskiego napięcia
Ograniczniki przed prądami piorunowymi (SPD)	I (B) Typ 1	Ochrona przed bezpośrednim oddziaływaniem prądu piorunowego (wyrównywanie potencjałów w budynkach) przepięciami atmosferycznymi oraz wszelkiego rodzaju przepięciami łączeniowymi	Miejsce wprowadzania instalacji elektrycznej do obiektu budowlanego posiadającego instalację odgromową. Przyłącze, rozdzielnica główna
Ograniczniki przepięć (SPD)	II (C) Typ 2	Ochrona przed przepięciami atmosferycznymi indukowanymi, przepięciami łączeniowymi oraz wszelkiego rodzaju przepięciami „przepuszczonymi” przez ograniczniki przepięć klasy I.	Rozgałęzienia instalacji elektrycznej w obiekcie budowlanym, rozdzielnica główna
	III (D) Typ 3	Ochrona przed przepięciami atmosferycznymi indukowanymi i łączeniowymi	Podrozdzielnice, rozdzielnice mieszkaniowe, gniazda wtykowe, puszki lub bezpośrednio w urządzeniach.

W normie PN-IEC 61643-1<sup>1)</sup> podzielono próby, jakim poddawane są ograniczniki przepięć na trzy klasy oznaczone jako próby klasy I, II i III. Próby te polegają na testowaniu przez producentów ograniczników odpowiednią wartością prądu wyładowczego i odpowiednio zdefiniowanym kształcie impulsu testującego lub odpowiednio zdefiniowanym impulsem napięciowym. I tak ograniczniki przepięć:

- klasy I (Typ 1) podlegają testowi prądem  $I_{imp}$  o kształcie 10/350  $\mu s$  (odpowiada bezpośredniemu oddziaływaniu prądu piorunowego) - Rys. 1.
- klasy II (Typ 2) podlegają testowi prądem  $I_n$  o kształcie 8/20  $\mu s$  (odpowiada pośredniemu oddziaływaniu prądu piorunowego obniżonego za pomocą ograniczników klasy I) lub przepięciom łączeniowym - Rys. 1.
- klasy III (Typ 3) podlegają testowi tego samego prądu  $I_n$  o kształcie 8/20  $\mu s$  co ograniczniki klasy II oraz dodatkowo impulsowi napięciowemu  $U$  o kształcie 1,2/50  $\mu s$ .



Rys. 1 Kształty impulsów testujących 10/350 i 8/20

<sup>1)</sup> - Norma PN-IEC 61643-1 została już wycowana z zastąpieniem ją normą PN-IEC 61643-11



Graniczny prąd udarowy  $I_{max}$  i  $I_{imp}$  - są to maksymalne wartości prądu udarowego, który może być odprowadzony do ziemi przez ogranicznik przepięć :

- $I_{max}$  - oznacza maksymalną wartość prądu udarowego o kształcie 8/20 i ma zastosowanie do ograniczników klasy II (lub C) - Typ 2
- $I_{imp}$  - oznacza maksymalną wartość prądu udarowego o kształcie 10/350 i ma zastosowanie do ograniczników klasy I (lub B) - Typ 1

Ograniczniki klasy I (klasa B) powinny być odporne na pięć uderzeń wzrastających -  $(0,1 I_{imp}, 0,25 I_{imp}, 0,5 I_{imp}, 0,75 I_{imp}, I_{imp})$  o kształcie 10/350

Ograniczniki klasy II (klasa C) powinny być odporne na pięć uderzeń wzrastających -  $(0,1 I_{imp}, 0,25 I_{imp}, 0,5 I_{imp}, 0,75 I_{imp}, I_{imp})$  o kształcie 8/20

### Ograniczniki przepięć - ETITEC A - do montowania na liniach napowietrznych

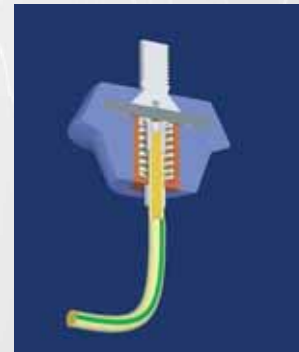
W nazewnictwie fachowym, funkcjonuje jeszcze podział ograniczników na klasy A, B, C, D, który występuje w normach niemieckich VDE. Ograniczniki przepięć - oznaczone w Tablicy 1 str. 21 jako klasa A przeznaczone są do ochrony linii elektroenergetycznych napowietrznych i transformatorów. Charakteryzuje je znamionowy ( $I_n$ ) i graniczny ( $I_{max}$ ) prąd wyładowczy o kształcie 8/20. Odpowiada to zagrożeniu jakie stwarzają wyładowania atmosferyczne w sąsiedztwie linii napowietrznych (Rys. 4 Str. 23) lub bezpośredniemu wyładowaniu w linię w znacznej odległości od miejsca, w którym są zainstalowane ograniczniki przepięć klasy A (Rys. 3 Str. 23). Nietety podczas bezpośredniego wyładowania w instalację odgromową zewnętrzną (Rys. 1 Str. 23) lub w linię napowietrzną (Rys. 2 Str. 23) w sąsiedztwie układu ograniczników dochodzą do nich prądy o wartościach znacznie przewyższających ich wytrzymałość udarową. Następuje zniszczenie ograniczników i do obiektu wnikają destrukcyjne udary o nieograniczonych wartościach. Również wielkie zagrożenie występuje wewnątrz obiektu zasilanego z krótkiej linii kablowej.



Rys. 1 Ogranicznik przepięć ETITEC A-O z odłącznikiem

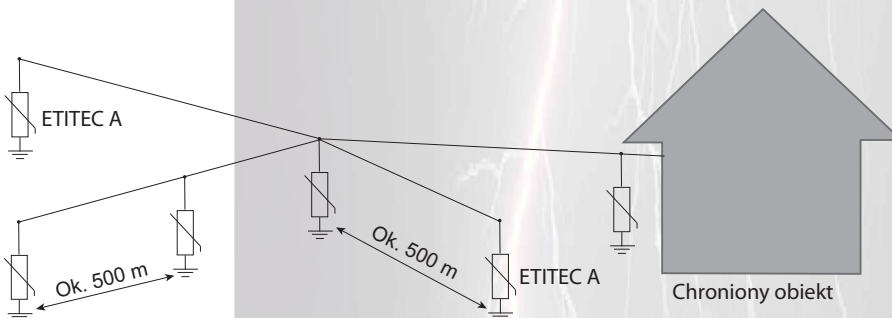


Rys. 2 Ogranicznik przepięć ETITEC A bez odłącznika



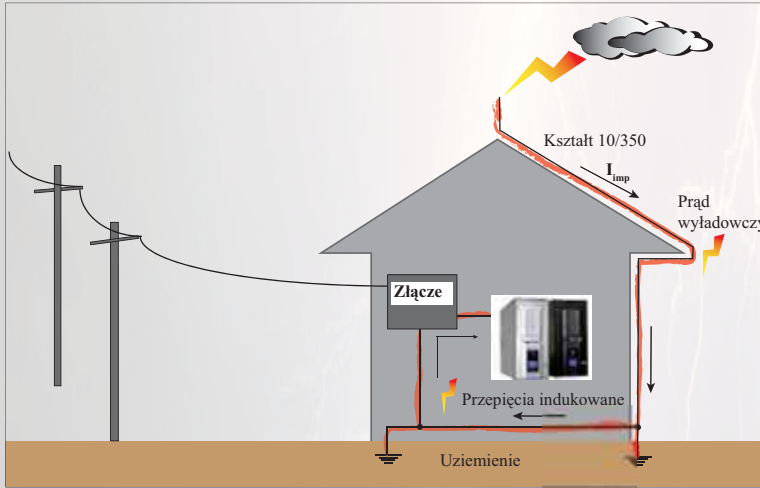
Rys. 3 Przekrój ogranicznika ETITEC A bez odłącznika

W ramach wielostopniowej ochrony przeciwprzepięciowej obiektu, jako pierwszy stopień celowe jest zainstalowanie ogranicznika napowietrznego klasy A (Rys. 1). Zatem analiza założeń do ochrony przeciwprzepięciowej powinna uwzględniać także ten stopień, tym bardziej że oferta ograniczników przepięć dla takich zastosowań jest systematycznie uzupełniana o coraz to nowsze rozwiązania i zabezpieczenia o lepszych parametrach. Zastosowanie ograniczników klasy A znacząco poprawia warunki pracy sieci niskiego napięcia i umożliwia harmonijną współpracę ochrony przeciwprzepięciowej wielostopniowej na dalszych stopniach (ograniczniki klasy B, C...itd).

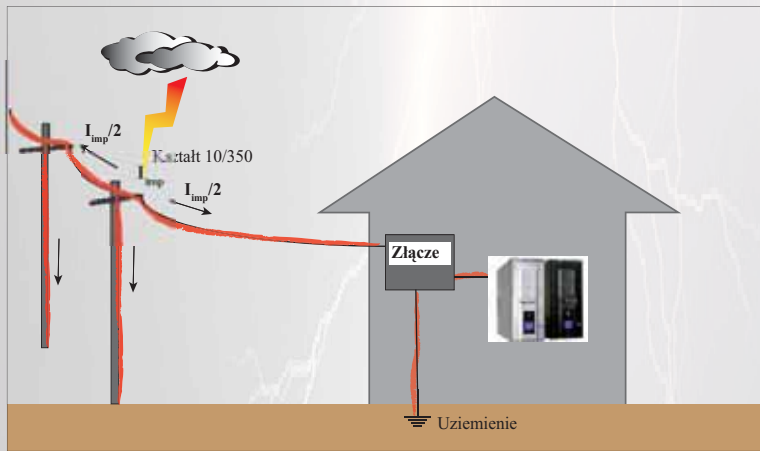


Rys. 4 Rozmieszczenie ograniczników przepięć ETITEC A w sieci napowietrznej niskiego napięcia

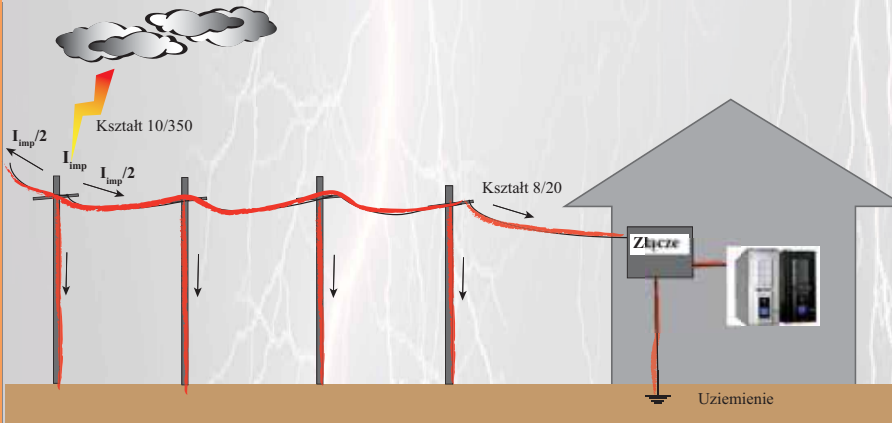




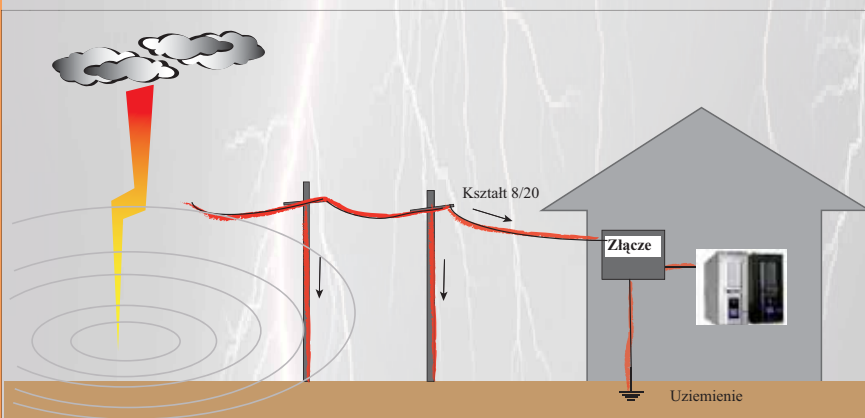
Rys. 1 Wyładowanie atmosferyczne bez pośrednio w zwód instalacji odgromowej



Rys. 2 Bliskie wyładowanie atmosferyczne bezpośrednio w przewody linii napowietrznej



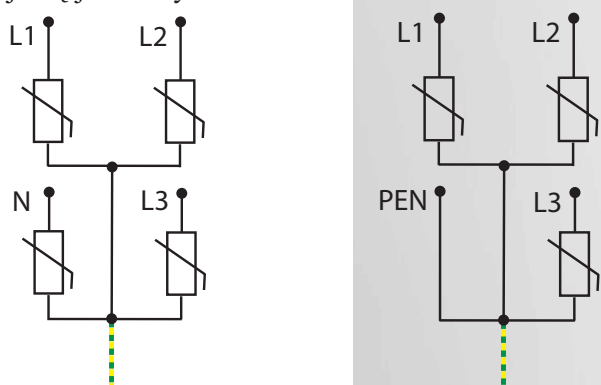
Rys. 3 Odległe wyładowanie atmosferyczne bezpośrednio w przewody linii napowietrznej



Rys. 3 Wyładowanie atmosferyczne w sąsiedztwie linii napowietrznej

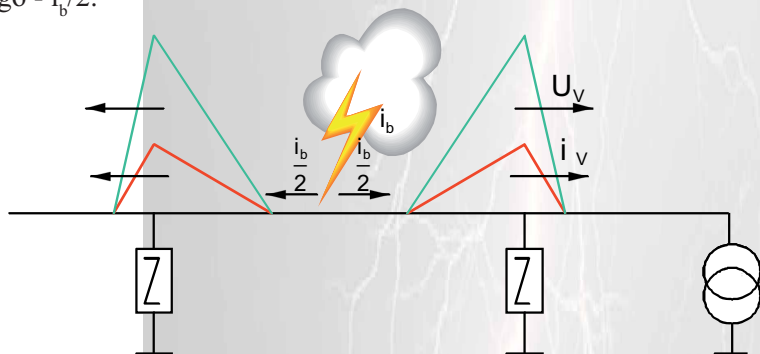
Podczas projektowania ochrony przeciwprzepięciowej sieci elektroenergetycznej o napięciu poniżej 1000 V należy poprawnie dobrać i rozmieścić ograniczniki klasy A chroniące przed przepięciami: linie napowietrzne, urządzenia stacji rozdzielczej, instalacje elektryczne w chronionym obiekcie budowlanym. W liniach sieci rozdzielczej ograniczniki przepięć klasy A należy instalować :

- na końcu każdego odcinka linii napowietrznej,
- w miejscach, gdzie linia napowietrzna przechodzi w linię kablową
- na liniach zasilających instalacje odbiorcze w obiektach budowlanych. W takim przypadku ograniczniki klasy A należy instalować na słupie linii elektroenergetycznej położonym najbliżej budynku lub w pobliżu izolatorów naściennych na zewnątrz budynku w miejscu wprowadzenia instalacji do wnętrza budynku.
- po stronie niskiego napięcia transformatorów, które chronione są ogranicznikami przepięć po stronie wysokiego napięcia. Maksymalna odległość pomiędzy zainstalowanymi ogranicznikami przepięć powinna wynosić ok. 500 m (Rys. 4 str. 22). Na terenach, gdzie występuje duża liczba częstotliwość występowania dni burzowych zalecany jest odstęp ok 300 m. W zależności od konfiguracji sieci niskiego napięcia ograniczniki przepięć klasy A montuje się jak na Rys. 1.



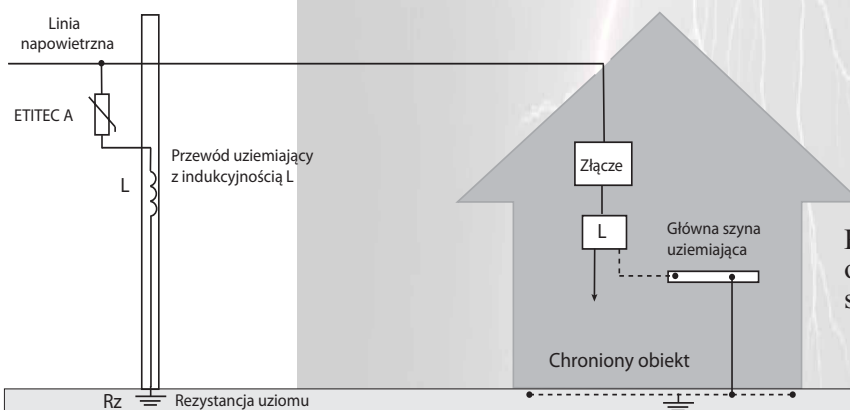
Rys. 1 Układy połączeń ograniczników ETITEC A na słupie linii napowietrznej

Jednym z najgroźniejszych przypadków jest bezpośrednie wyładowanie atmosferyczne w przewody linii elektroenergetycznej napowietrznej. Aby w sposób przybliżony ocenić takie zagrożenie przepięciowe można przyjąć, że wyładowanie trafiające w linię to jest źródło prądowe  $i_b$  włączone do przewodu linii napowietrznej - Rys. 2. ponieważ prąd piorunowy rozplywa się w tym przypadku w obie strony, do rozważań należy wziąć pod uwagę wartość prądu udarowego -  $i_b/2$ .

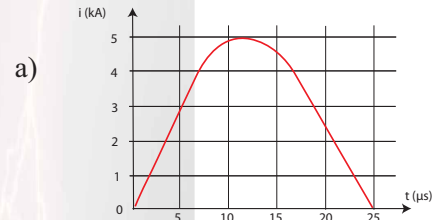
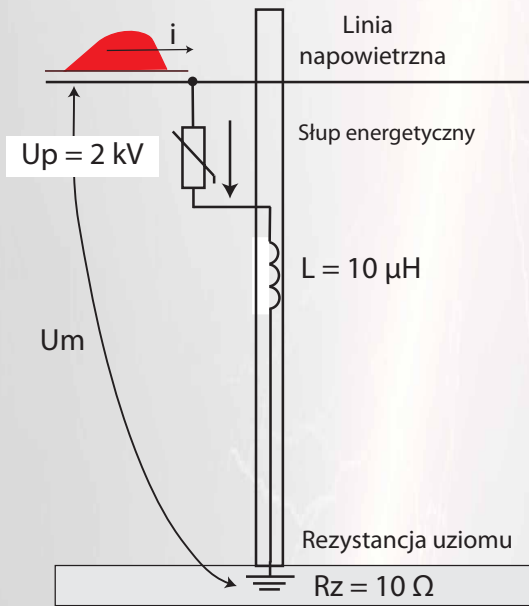


Rys. 2 Bezpośrednie wyładowanie w linię napowietrzną - symulacja

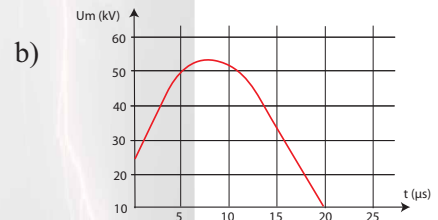
Zakładając, że wartość impedancji falowej  $Z$  przewodu linii napowietrznej wynosi ok. 400  $\Omega$ , przy rozplywie prądu udarowego wystąpi napięcie  $U = Z \times i_b/2$ . Obrazując przykładem, dla prądu piorunowego o wartości szczytowej  $I = 20$  kA i impedancji falowej  $Z = 400 \Omega$  otrzymuje się napięcie  $U = 4000$  kV. Ograniczona wytrzymałość udarowa izolatorów wsporczych linii powoduje, że w rzeczywistych liniach napowietrznych przy przepięciu niższym niż 4000 kV dochodzi na izolatorze do przeskoku, po którym poziom napięć pomiędzy przewodem a ziemią zależy od spadku napięcia na indukcyjności przewodu i rezystancji uziemienia słupa, na którym wystąpił przeskok.



Rys. 3 Schemat połączenia ogranicznika ETITEC A na słupie linii napowietrznej



Prąd wyładowczy 5 kA, 8/20 μs



c)  $U_m = U_p + i R_z + L di/dt$

Rys. 1 Rozkład napięcia na linii napowietrznej

Na Rys. 1 pokazano rozkład napięcia na linii napowietrznej w przypadku wyładowania atmosferycznego o wartości 5 kA (8/20). Całkowite napięcie  $U_m$  - według zależności c) jest złożone z :

- znamionowego poziomu ochrony ogranicznika  $U_p$  (około 2 kV)
- spadku napięcia na indukcyjności  $L$  przewodu uziemiającego ( $L di/dt$ ) ( przy prądzie wyładowczym 5 kA, 8/20 μs, prędkości narastania ( $di/dt$ ) ok. 1 kA/ μs - maksymalny spadek napięcia wynosi ok. 10 kV)
- spadku napięcia na rezystancji uziemienia  $R_z$  ( $iR_z$ ) - wartość ok. 50 kV.

Diagram b)  $U_m = f(t)$  pokazuje wartość maksymalną napięcia  $U_m$  - ok. 55 kV. Oczywiście ograniczniki przepięć klasy A przy znamionowym prądzie wyładowczym nie są w stanie zabezpieczyć efektywnie przyłączonych instalacji odbiorczych obiektu budowlanego. Ich zadaniem jest chronić linie napowietrzne niskiego napięcia.



Rys. 2 Ograniczniki przepięć ETITEC A zainstalowane na linii napowietrznej nn

### Dobór ograniczników ETITEC A do warunków sieciowych

Prawidłowy dobór ograniczników przepięć powinien uwzględniać przynajmniej podstawowe parametry jakimi są :

- napięcie trwałej pracy  $U_c$
- napięciowy poziom ochrony  $U_p$
- znamionowy prąd wyładowczy  $I_n$  (8/20)
- maksymalny prąd wyładowczy  $I_{max}$  (8/20)

#### Napięcie trwałej pracy $U_c$

Napięcie trwałej pracy  $U_c$  jest to największa wartość skuteczna napięcia zmiennego lub stałego, które może być przyłożone sposób ciągle do ogranicznika. Napięcie  $U_c$  ograniczników przepięć montowanych pomiędzy fazę a przewód neutralny N powinno spełniać warunek :

$$U_c \geq 1,1 U_m / \sqrt{3}$$

gdzie  $U_m$  jest najwyższym napięciem sieci.



W układach sieci TN lub TT przy montażu ograniczników przepięć pomiędzy fazą L a przewodem neutralnym N oraz przewodem neutralnym a ziemią należy stosować ograniczniki przepięć o napięciu trwałej pracy  $U_c = 280V$ , Natomiast przy montażu ograniczników przepięć pomiędzy fazy, napięcie trwałej pracy  $U_c$  powinno spełniać następujący warunek :

$$U_c \geq 1,1U_m.$$

Ograniczniki przepięć o napięciu trwałej pracy  $U_c = 500V$  należy montować w systemach TT, TN - ochrona faza-faza, oraz w systemie IT przy ochronie faza - przewód neutralny i faza - faza (Tabela 1).

**Tabela 1. Dobór napięcia pracy ciągłej  $U_c$  ograniczników ETITEC A w zależności od typu sieci i sposobu podłączenia ogranicznika**

Układ sieci /sposób podłączenia	TN-S	TN-C	TNC-S	TT	IT
Pomiędzy fazą (L1,L2,L3) a przewodem PEN lub PE oraz N	280 V	280 V	280 V	280 V	500 V
Pomiędzy fazami L1, L2, L3	500 V	500 V	500 V	500 V	500 V

### Napięciowy poziom ochrony $U_p$

Napięciowy poziom ochrony  $U_p$  jest parametrem charakteryzującym działanie ogranicznika w zakresie skuteczności ograniczania napięcia na jego zaciskach przy przepływie prądu wyładowczego  $I_n$ . Jest to wartość podawana przez producenta. Poziom ochrony ograniczników przepięć w praktyce wyznaczany jest poprzez sprawdzenie stosunku napięciowego poziomu ochrony  $U_p$  do napięcia trwałej pracy  $U_c$ . Im ten iloraz jest mniejszy, tym zakres ochronny izolacji zabezpieczanych urządzeń jest większy. Jeżeli wymagany poziom ochrony nie może być osiągnięty przez zastosowanie pojedynczego ogranicznika przepięć, należy zastosować dodatkowe układy ograniczników.

### Znamionowy prąd wyładowczy $I_n$

Znamionowy prąd wyładowczy  $I_n$  jest to wartość szczytowa prądu o kształcie  $8/20 \mu s$  płynącego przez ogranicznik. Jest on używany do klasyfikacji ogranicznika w próbach klasy II. Średnia wartość prądów pochodzących od wyładowań atmosferycznych wynosi ok. 30 kA. Przy uderzeniu pioruna w linię napowietrzną, prąd ten rozplynie się w trzech fazach (niejednokrotnie w czterech przewodach) w obu kierunkach. Z pewnym przybliżeniem można przyjąć, że prąd płynący przez ogranicznik będzie wynosił :

$$I_n = I/6.$$

Gdzie I - wartość prądu piorunowego. Wtedy prąd płynący przez ogranicznik wyniesie:

$$I_n = 30 \text{ kA}/6 = 5 \text{ kA}$$

Z powyższego wynika, że ogranicznik przepięć o znamionowym prądzie wyładowczym  $I_n = 5 \text{ kA}$  i  $I_{max} = 10 \text{ kA}$  dostatecznie zabezpiecza sieć niskiego napięcia lub transformator. Na terenach gdzie występuje większa częstotliwość dni burzowych (Rys. 1 Str. 12) zalecane jest stosowanie ograniczników przepięć o prądzie wyładowczym  $I_n = 10 \text{ kA}$  i  $I_{max} = 15 \text{ kA}$ .

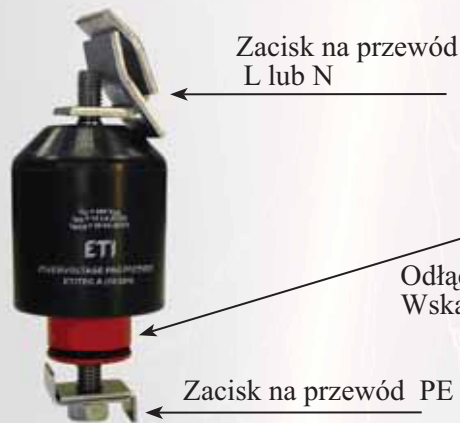
### Maksymalny prąd wyładowczy $I_{max}$

Maksymalny prąd wyładowczy  $I_{max}$  jest to wartość szczytowa prądu o kształcie  $8/20 \mu s$  płynącego przez ogranicznik i wartości zgodnie z sekwencją próby działania dla klasy II. Dobór tego parametru jest w zasadzie sprawą wtórną, ponieważ wynika z doboru poprzedniego parametru jakim jest  $I_n$ . Ograniczniki ETITEC A posiadają  $I_{max}$  na poziomie 40 kA.

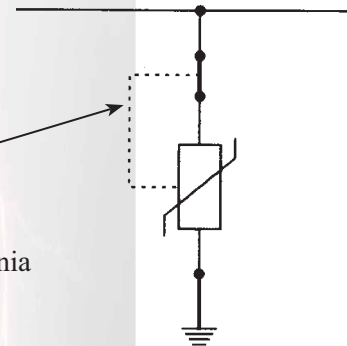
**Tabela 2. Podstawowe parametry ograniczników przepięć nn ETITEC A**

Parametry techniczne	ETITEC A ETITEC A-O 280/5	ETITEC A ETITEC A-O 500/5	ETITEC A ETITEC A-O 660/5	ETITEC A ETITEC A-O 280/10	ETITEC A ETITEC A-O 500/10	ETITEC A ETITEC A-O 660/10	ETITEC A-O ETITEC A-O 280/15	ETITEC A-O ETITEC A-O 500/15	ETITEC A-O ETITEC A-O 660/15
Napięcie pracy ciągłej $U_c$ (V)	280	500	660	280	500	660	280	500	660
Znamionowy prąd wyładowczy $I_n$ (kA)	5	5	5	10	10	10	15	15	15
Maksymalny prąd wyładowczy $I_{max}$ (kA)	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Poziom ochrony $U_p$ przy prądzie $I_n$ (kA)	950	1500	1750	950	1500	1750	1600	2000	2200
Zakres temperatur pracy (°C)	od - 40 do + 80								
Wyposażenie w odłącznik	nie/tak	nie/tak	nie/tak	nie/tak	nie/tak	nie/tak	tak	tak	tak

## Budowa i wskazówki montażowe ograniczników przepięć ETITEC A



Rys. 1 Ograniczniki przepięć ETITEC A - O z uwolnionym wskaźnikiem uszkodzenia - odłącznikiem



Rys. 2 Układ połączenia wewnętrznego ogranicznika przepięć ETITEC A - O

Jak pokazano na Rys. 1 w dolnej części ogranicznika z odłącznikiem ETITEC A-O znajduje się odłącznik, który pełni dwojaką rolę :

- wskazuje egzemplarz ogranicznika do wymiany - poprzez wysunięcie się z obudowy charakterystycznej czerwonej części
- odłącza od uziemienia ogranicznik przepięć przeznaczony do wymiany zapobiegając trwałemu zwarciu doziemnemu w przypadku uszkodzenia jego elementu warystorowego

Połączenia ograniczników przepięć do montażu na linię napowietrzną powinny być zgodne z powszechnie dostępnymi wytycznymi zawartymi w dokumencie wydanym przez PTPIREE (Polskie Towarzystwo Przesyłu i Regulacji Energii Elektrycznej) „Ochrona sieci elektroenergetycznych od przepięć - wskazówki wykonawcze” Poznań - 1999 r. Przekroje przewodów łączących ogranicznik z przewodami roboczymi i uziemieniem nie powinny być mniejsze niż 10 mm<sup>2</sup> (Cu) i 16 mm<sup>2</sup> (Al), przy czym odcinki przewodów powinny być możliwie jak najkrótsze z uwagi na możliwość powstania dużych spadków napięcia przy przepływie prądu wyładowczego (Rys. 1 c) str. 24).





Ograniczniki ETITEC A instalowane na liniach zaleca się lokalizować w miejscach uziemienia przewodu ochronnego PE lub przewodu ochronno-neutralnego PEN. W innych przypadkach należy wykonać uziom, z którym należy połączyć przewodem uziemiającym zacisk uziomowy ogranicznika. Rezystancja uziemienia ograniczników przepięć ETITEC A nie powinna być większa niż 10 Ω.

**Uwaga : Wersje ograniczników ETITEC A-O z odłącznikiem muszą być połączone z uziemieniem przewodem giętkim (linka). Niedopuszczalne jest stosowanie bednarki lub przewodów sztywnych.**

Tabela 1 Zestawienie wersji zacisków liniowych stosowanych w ogranicznikach przepięć ETITEC A

Zestawienie	Typ zacisku liniowego	Zastosowanie
<p>ETITEC A.../.../A</p>	Zacisk metalowy odporny na korozję	Linie napowietrzne z przewodami 'gołymi'
<p>ETITEC A.../.../B</p>	Zacisk podwójny obustronnie przebijający izolację	Linie napowietrzne z przewodami izolowanymi. Przeznaczony do realizacji przyłączy napowietrznych z przewodami izolowanymi. Może pracować jako zacisk pojedynczy. Przekroje przewodów do 95 mm <sup>2</sup> . Moment dokręcania - 22 Nm.

Tabela 1 cd, Zestawienie wersji zacisków liniowych stosowanych w ogranicznikach przepięć ETITEC A

Zestawienie	Typ zacisku liniowego	Zastosowanie
<p>ETITEC A.../.../C</p> 	Zacisk podwójny, jednostronnie przebijający izolację	Linie napowietrzne z przewodami izolowanymi. Przeznaczony do realizacji przyłączy napowietrznych z przewodami izolowanymi. Może pracować jako zacisk pojedynczy. Przekroje przewodów do 95 mm <sup>2</sup> . Moment dokręcania - 22 Nm.
<p>ETITEC A.../.../D</p> 	Wypust w formie przewodu ASXS <sub>n</sub> 16 mm <sup>2</sup> o długości 600 mm	Dostosowany do pracy w liniach napowietrznych z przewodami izolowanymi z większością podwójnych zacisków przebijających (np. ERICO, ENSTO, MALICO).
<p>ETITEC A .../.../E</p> 	Sworzeń M8	Wersja „uniwersalna”, która potrzebna jest w przypadku wymiany ogranicznika na nowy, gdzie nie ma potrzeby wymiany całego kompletu wraz z zaciskiem liniowym.
<p>ETITEC A .../.../ - OL</p> 	Sworzeń M8	Wersja „uniwersalna”. Wersja ogranicznika ETITEC A z odrzucanym przewodem łączącym zacisk PE z uziomem. Odrzucenie przewodu następuje po uszkodzeniu elementu warty-storowego ogranicznika

**Przykład oznaczenia katalogowego**

Określenie napięcia trwałej pracy  $U_c$  (V)

Określenie rodzaju zacisku liniowego

**ETITEC A 500 / 15 / A - O**

Określenie znamionowego prądu wyładowczego  $I_n$  (kA)

Wskaźnik uszkodzenia warty-stora, odłącznik (opcja)

- A - zacisk liniowy do przewodów gołych
- B - zacisk przebijający podwójny obustronnie przebijający do 95 mm<sup>2</sup> (może być stosowany również jako zacisk pojedynczy)
- C - zacisk przebijający podwójny jednostronnie przebijający do 120 mm<sup>2</sup>
- D - przewód liniowy w izolacji ASXS<sub>n</sub> 16 mm<sup>2</sup> o długości 600 mm
- E - zacisk liniowy w formie sworznia z gwintem M8
- F - zacisk ENSTO SL. 9. 21



## Ograniczniki przepięć ETITEC B - Typ 1 (klasy B) - do montowania wewnątrz obiektu budowlanego

Układ ograniczników przepięć stanowiących pierwszy, podstawowy stopień ochrony przed przepięciami obiektu budowlanego powinien zapewnić bezpieczeństwo zainstalowanych w nim urządzeń i instalacji w przypadku wystąpienia zagrożeń wywołanych przez :

- bezpośrednie wyładowanie atmosferyczne w obiekt budowlany
- bezpośrednie uderzenie w przewody linii napowietrznych zasilających obiekt
- uderzenia piorunu w pobliżu linii kablowych niskiego napięcia
- przepięcia łączeniowe oraz atmosferyczne indukowane

Ograniczniki przepięć ETITEC B Typ 1 spełniający wymagania testu klasy I (B) są przeznaczone do ochrony odgromowej i ekwipotentjalizacji dla kategorii przepięć instalacji IV. Ograniczniki te powinny odprowadzać bez uszkodzeń prądy piorunowe w wymaganym zakresie, wynikającym z warunków obciążalności udarowej określonych dla danego typu. Ograniczniki przepięć Typ 1 (klasy B) instalowane są w miejscach (Rys. 1 str. 17) doprowadzenia przewodów sieci elektroenergetycznej do budynku, a więc w przyłączy instalacyjnym lub rozdzielni głównej niskiego napięcia znajdującej się w budynku wyposażonym w zewnętrzną instalację odgromową. Od ograniczników Typu 1 (klasy B) o napięciu znamionowym pracy ciągłej  $U_c$  od 150V do 300V wymaga się poziomu ochrony  $U_p$  nie przekraczającego wartości 4 kV (Strefa 1). W przypadku stosowania ograniczników ETITEC B w złączu kablowym, nie ma potrzeby stosowania jakichkolwiek odstępów ochronnych, gdyż ograniczniki warystorowe w trakcie przewodzenia (gaszenia fali udarowej) nie powodują żadnych wydmuchów łuku elektrycznego jak to bywa w przypadku niektórych ograniczników iskiernikowych.

Ograniczniki przepięć ETITEC B należy włączyć pomiędzy przewody sieci zasilającej niskiego napięcia a uziom w następujący sposób (Rys. 1 Str. 30):

### - w układzie sieci TN i TT

- jeżeli przewód neutralny jest uziemiony na początku instalacji, pomiędzy każdy nie uziemiony przewód fazowy i uziom
- jeżeli przewód neutralny nie jest uziemiony na początku instalacji, pomiędzy każdy nie uziemiony przewód fazowy i uziom oraz pomiędzy przewód neutralny i uziom

### - w układzie sieci IT

- pomiędzy każdy przewód fazowy i uziom, oraz jeżeli jest przewód neutralny, pomiędzy przewód neutralny i uziom

Dobierając ograniczniki pierwszego stopnia ochrony Typ 1 należy uwzględnić możliwość wystąpienia doziemnego udarowego prądu piorunowego o wartości szczytowej ok. 200 kA i kształcie 10/350  $\mu$ s. **Wobec powyższego prądy znamionowe ograniczników Typu 1 (klasa B) powinny mieć również kształt 10/350  $\mu$ s, a amplitudy około kilkudziesięciu kA w zależności od przewidywanego rozplywu prądu piorunowego.**

Jak wspomniano już powyżej ograniczniki przeciwprzepięciowe typu 1 (klasa B) stosuje się wtedy, gdy obiekt budowlany wyposażony jest w zewnętrzną instalację odgromową. Ich parametry powinny być następujące:

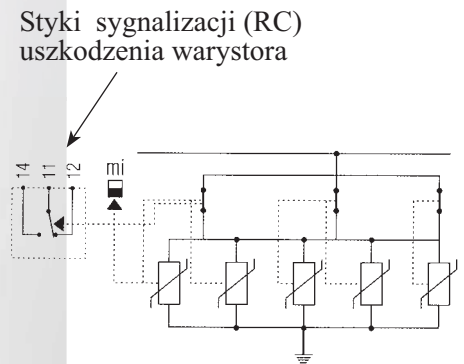
Minimalny prąd udarowy  $I_{imp} = 12,5$  kA i największy poziom ochrony  $U_p = 4000$ V. Minimalna wartość  $I_{imp} = 12,5$  kA została przyjęta na podstawie wyliczeń przedstawionych na Rys. 3 Str. 30. Do powyższych wyliczeń przyjęto bezpośrednie uderzenie pioruna o wartości prądu wyładowczego 100 kA.



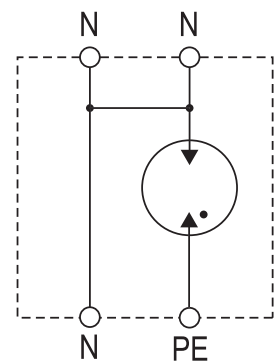
Rys.1 Ogranicznik przepięć ETITEC B



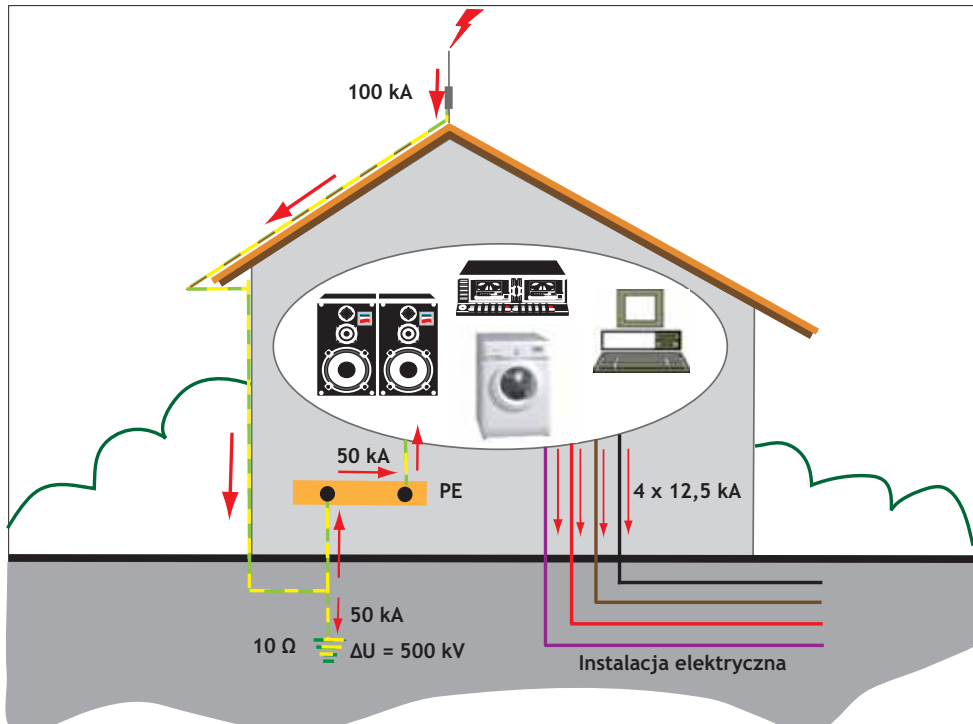
Rys.3 Ogranicznik przepięć ETITEC B 230/100G



Rys.2 Układ wewnętrzny ogranicznika przepięć ETITEC B



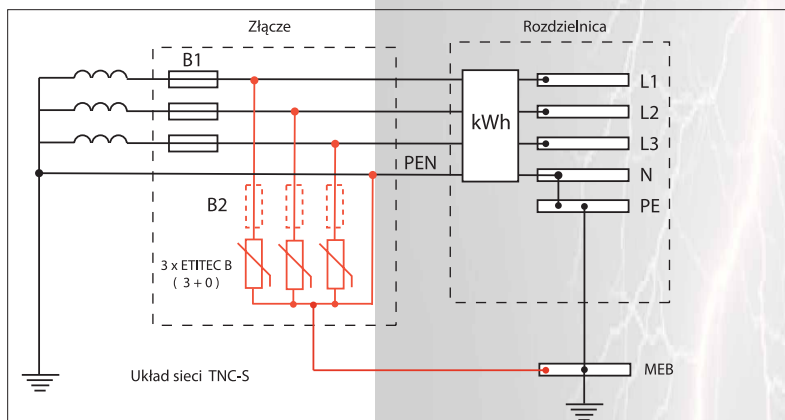
Rys.4 Układ wewnętrzny ogranicznika przepięć ETITEC B 230/100G Iskiernik



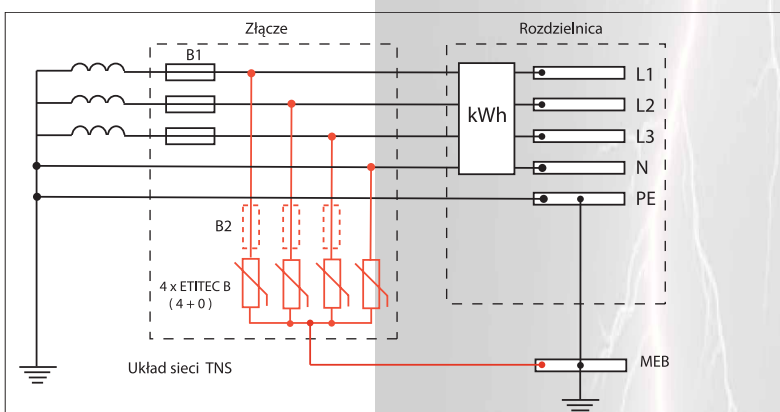
Rys.3 Przykład rozplywu prądu udarowego 100 kA przy bezpośrednim uderzeniu pioruna

Podczas bezpośredniego wyładowania atmosferycznego w instalację odgromową - 50 % prądu udarowego popłynie bezpośrednio do uziomu, a 50 % prądu do wszystkich instalacji obiektu ( elektrycznej, teletechnicznej, gazowej, wodnej...). Aby kalkulacja była bezpieczna założono, że część prądu wpłynie do instalacji elektrycznej. W przypadku sieci o układzie TNC-S i TT prąd ten wynosi 12,5 kA (50kA/4) dla każdego przewodu. Dokładna analiza rozływu prądu wyładowczego będzie przeprowadzona w dalszym rozdziale.

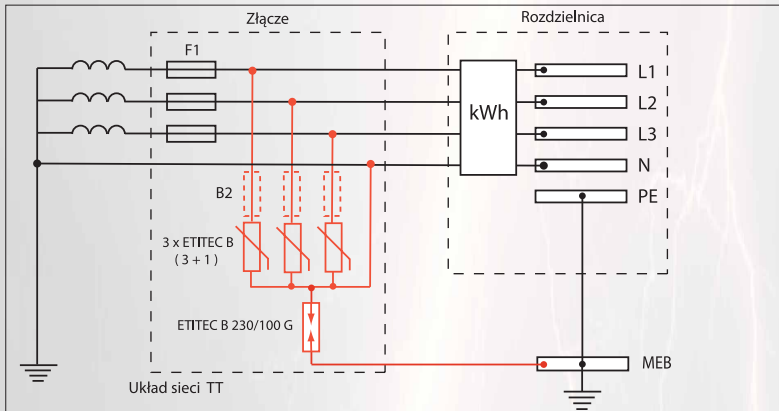
Układy połączeń ograniczników ETITEC B - Typ 1 w sieci zasilającej



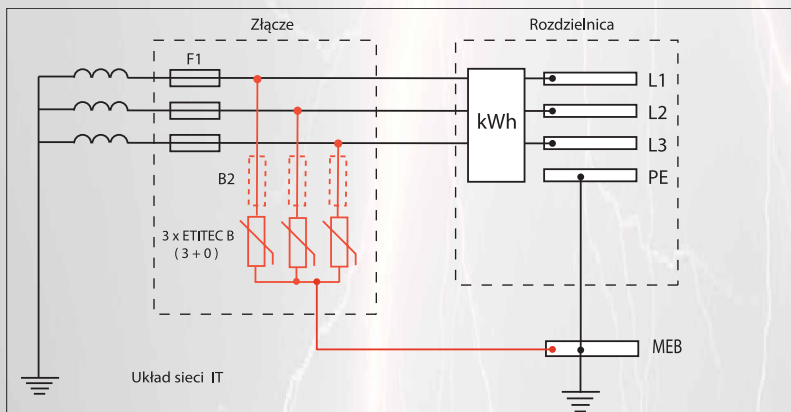
Rys.1 Układ połączeń ograniczników ETITEC B w układzie sieci TNC-S (3+0)



Rys.2 Układ połączeń ograniczników ETITEC B w układzie sieci TNS (4+0)

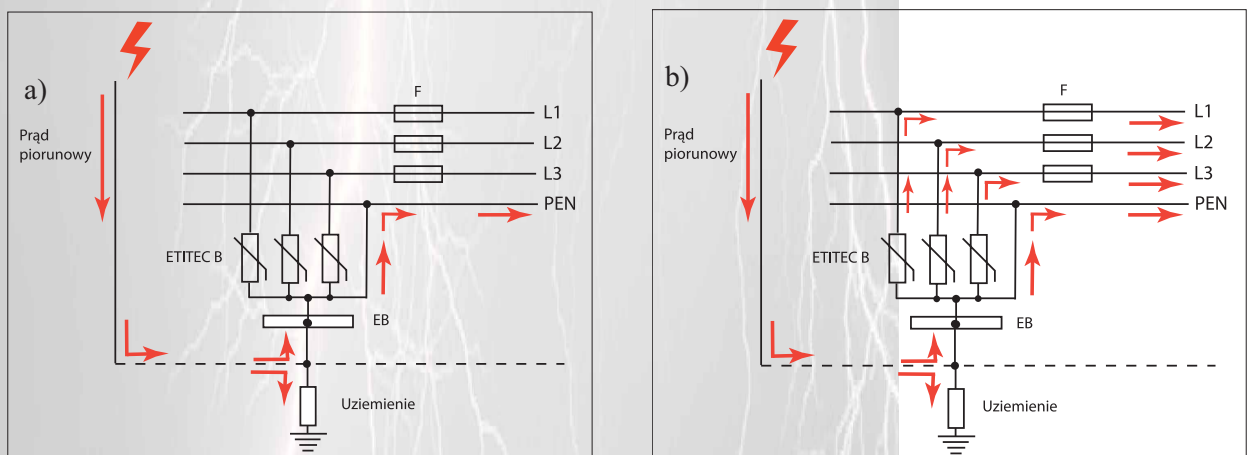


Rys.1 Układ połączeń ograniczników ETITEC B w układzie sieci TT (3+1)



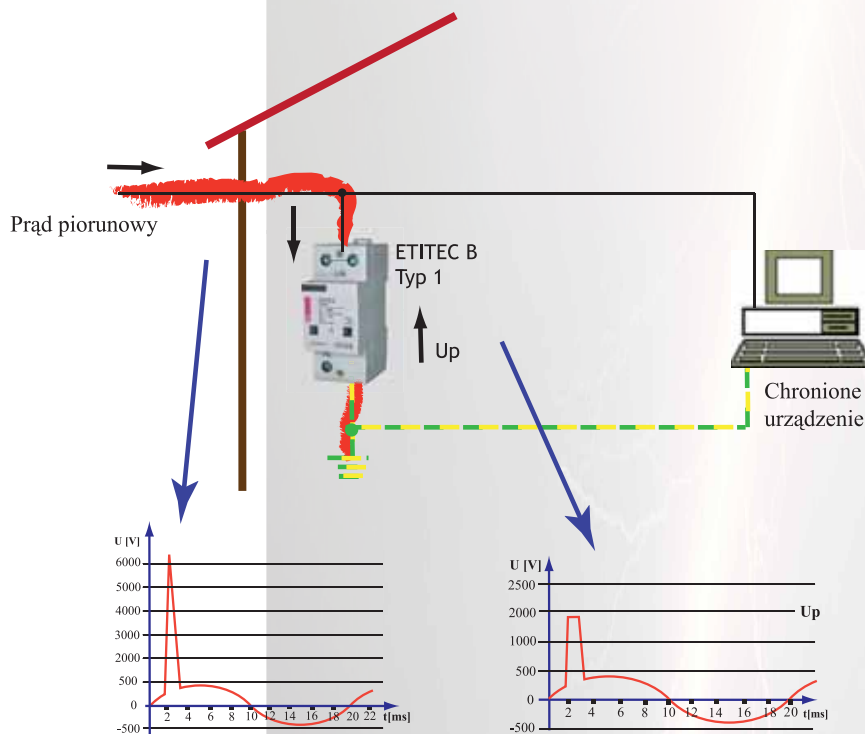
Rys.2 Układ połączeń ograniczników ETITEC B w układzie sieci IT (3+0)

Z przedstawionych układów połączeń widać, że ograniczniki przepięć ETITEC B po zadziałaniu ograniczają skok potencjału na skutek przepływu przez nie prądu piorunowego. Ograniczniki te zmniejszają różnicę potencjałów pomiędzy przewodami i zapewniają ochronę instalacji elektrycznej i przyłączonych urządzeń. Rozpływ prądów w gałęzi z ogranicznikami przepięć przed i po ich zadziałaniu pokazano na Rys. 3.



Rys. 3 Rozpływ prądu piorunowego w instalacji z ogranicznikami w czasie bezpośredniego wyładowania w zwód instalacji odgromowej obiektu:  
 a) przed zadziałaniem ograniczników  
 b) po zadziałaniu ograniczników





Rys. 1 Przeływ prądu piorunowego przez ogranicznik od strony instalacji zasilającej obiektu

Podczas przepływu prądu piorunowego przez ogranicznik ETITEC B spadek napięcia na ograniczniku  $U_p$  jest napięciowym poziomem ochrony danego ogranicznika, a jednocześnie napięciem panującym na chronionym obiekcie. Z przedstawionej wcześniej zasady rozptyłu prądów piorunowych oraz jego wartości szczytowych (Tablica 1 Str. 11) można przyjąć, że w przypadku braku innych instalacji poza instalacją elektryczną, do układu ograniczników może wpłynąć połowa prądu piorunowego przyjętego dla poszczególnych poziomów ochrony. Wobec powyższego wartości prądów płynących przez poszczególne ograniczniki ETITEC B można oszacować korzystając z zależności przedstawionych w poniższej Tablicy 1 gdzie  $n$  - oznacza liczbę przewodów, w których może płynąć prąd piorunowy.  $N_p$  w układzie sieci TN-S są to L1, L2, L3, N i PE -  $n = 5$

Tablica 1. Wartości prądu jaki może płynąć przez ograniczniki przepięć Typ 1 - ETITEC B

Poziom ochrony	Wartości prądu				
	Układ sieci TN	Układ sieci TT	Układ sieci TT* ograniczniki	Układ sieci TT** iskiernik 230/100 G	Układ sieci IT
I	$\geq 100 \text{ kA/n}$	$\geq 100 \text{ kA/n}$	$\geq 100 \text{ kA/n}$	$\geq 100 \text{ kA}$	$\geq 100 \text{ kA/n}$
II	$\geq 75 \text{ kA/n}$	$\geq 75 \text{ kA/n}$	$\geq 75 \text{ kA/n}$	$\geq 75 \text{ kA}$	$\geq 75 \text{ kA/n}$
III i IV	$\geq 50 \text{ kA/n}$	$\geq 50 \text{ kA/n}$	$\geq 50 \text{ kA/n}$	$\geq 50 \text{ kA}$	$\geq 50 \text{ kA/n}$

\* - układ 4 + 0 ograniczników przepięć ETITEC B

\*\* - układ 3+1 - trzech ograniczników i jednego iskiernika sumującego ETITEC B 230/100 G



Rys. 2 Budowa ogranicznika ETITEC C

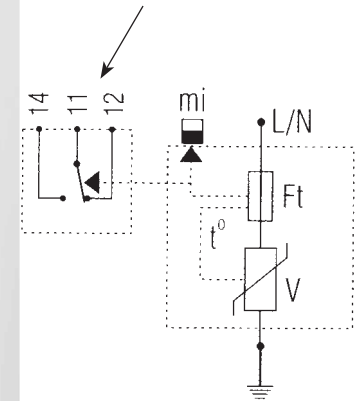
### Ograniczniki przepięć ETITEC C - Typ 2 (klasy C) - do montowania wewnątrz obiektu budowlanego

Warystorowe ograniczniki przepięć Typ 2 spełniające wymaganiu testu klasy II (C) są przeznaczone do ochrony przed przepięciami do wartości odpowiadającej I lub II kategorii wytrzymałości udarowej (Rys. 1 str. 17). Ich zadaniem jest chronić instalację elektryczną przed przepięciami, których źródłem są czynności łączeniowe oraz dalekie lub bliskie ale zredukowane wyładowania atmosferyczne. Obciążalność udarowa ograniczników przepięć Typ 2 (C) zwymiarowana jest na udary o wartości szczytowej nie mniejszej niż 5 kA oraz o czasie narastania czoła 8  $\mu$ s i czasie trwania do półszczytu grzbietu fali udarowej 20  $\mu$ s (Rys. 1 Str. 21). Montuje się je jako drugi stopień ochrony w budynkach wyposażonych w zewnętrzną instalację odgromową lub napowietrzną linię zasilającą lub jako pierwszy stopień ochrony w budynkach nie wymagających dwustopniowej ochrony tzn: bez zewnętrznej instalacji piorunochronnej i z kablową linią zasilającą (o długości min. 200m). Ograniczniki ETITEC C - Typ 2 posiadają wytrzymałość prądową  $I_n = 5 - 20$  kA (8/20  $\mu$ s) oraz poziom napięcia obniżonego (poziom ochrony)  $U_p < 1,3$  kV a więc spełniają wymagania strefy 2 oraz II-giej kategorii wytrzymałości udarowej, w której najczęściej zainstalowane są urządzenia powszechnego użytku o wytrzymałości przepięciowej poniżej 2,5 kV.



Rys. 1 Warystorowy ogranicznik przepięć Typ 2 ETITEC C 275/20

Styki sygnalizacji (RC) uszkodzenia warystora



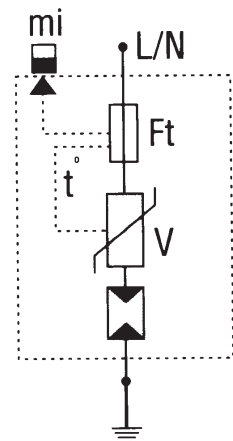
Rys. 2 Układ wewnętrzny warystorowego ogranicznika przepięć Typ 2 ETITEC C 275/20

### Ograniczniki przepięć ETITEC D - Typ 3 (klasy D) - do montowania wewnątrz obiektu budowlanego

Warystorowe ograniczniki przepięć ETITEC D - Typ 3 spełniające wymaganiu testu klasy III (D) montuje się w instalacji do precyzyjnej ochrony przed przepięciami odbiorników szczególnie wrażliwych na krótkotrwałe przepięcia, których poziom napięcia udarowego wytrzymywanego przez ich izolację nie przekracza 1,5 kV (Rys. 1 Str. 17). W instalacjach elektrycznych ograniczniki Typu 3 współpracują najczęściej z ogranicznikami Typu 1 i Typu 2 (B i C) tworząc wielostopniowy system ochrony przepięciowej. W większości przypadków system dwustopniowy zawierający układy ograniczników Typu 1 i 2 zapewnia dostateczną ochronę urządzeń a zastosowanie ograniczników Typu 3 jest tylko uzupełnieniem systemu. Przeznaczone są do stosowania w sieciach zasilających odbiorniki o niewielkiej odporności na przepięcia - sprzętu komputerowego, telekomunikacyjnego lub radiowo-telewizyjnego. Przeznaczone są również do ochrony urządzeń, których odległość od ogranicznika Typu 2 jest zbyt duża. Dla ograniczników ETITEC D zaleca się aby odległość pomiędzy ogranicznikami Typu 2 a ogranicznikami Typu 3 (licząc długość przewodów łączących) była nie mniejsza niż 5 m. W instalacji elektrycznej ograniczniki przepięć Typu 3 montuje się za wyłącznikami różnicowoprądowymi, a to pozwala na wyeliminowanie ich wpływu na pracę tych wyłączników. Spełnienie tego warunku osiągnięto poprzez zastosowanie w ograniczniku ETITEC D iskiernika (Rys.4) ograniczającego przepięcia oraz eliminującego występowanie prądu upływu między przewodem fazowym L lub neutralnym N a ochronnym PE a także ogranicza przepięcia między przewodem fazowym a neutralnym nie powodując zbędnego zadziałania wyłącznika różnicowoprądowego.



Rys.3 Warystorowy ogranicznik przepięć Typ 3 ETITEC D 275/3



Rys. 4 Układ wewnętrzny warystorowego ogranicznika przepięć Typ 2 ETITEC C 275/3

## Sygnalizacja uszkodzenia elementów warystorowych w ogranicznikach prądów

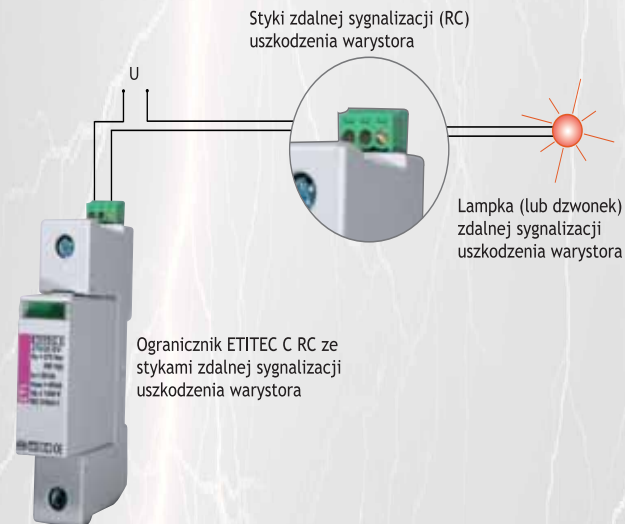
Warystorowe ograniczniki prądów są przeznaczone do pracy długotrwałej - bezobsługowej. W warunkach znamionowych ich żywotność szacowana jest na ok. 200 tys. godzin i posiadają w tym czasie zdolność doziemiania nieskończoną ilość razy. Jak już wcześniej wspomniano, warystorowe ograniczniki prądów ETITEC w czasie normalnej pracy - pozbawionej zakłóceń prezentują wielką rezystancję, natomiast z chwilą pojawienia się fali przepięciowej w czasie kilkunastu mikrosekund przechodzą w stan przewodzenia. Udarowa fala przepięciowa - zwłaszcza po przekroczeniu pewnych znamionowych wartości (np. amplitudy i czasu trwania) może uszkodzić (przepalić) elementy warystorowe ogranicznika wyłączając je z obwodu. W tym momencie kończy się działanie ochronne ogranicznika prądów. Użytkownik lub obsługa instalacji muszą zostać o tym jak najszybciej poinformowani. Wszystkie ograniczniki prądów posiadają wizualną sygnalizację uszkodzenia warystorów. Pojawienie się w okienku kontrolnym koloru czerwonego oznacza uszkodzenie elementu warystorowego i konieczność wymiany wkładki warystorowej bez demontowania podstawy ogranicznika z szyny montażowej TH35. Wszystkie wymienne wkładki warystorowe w swojej części stykowej posiadają specjalnie wyprofilowany element blokujący (Rys....), uniemożliwiający zastosowanie do podstawy wkładki niewłaściwej - innego typu lub innej klasy. Kontrola wizualna (zwłaszcza po każdej burzy z wyładowaniami atmosferycznymi) dużej liczby zainstalowanych ograniczników np. w rozległym przedsiębiorstwie lub wielokondygnacyjnym budynku itp. jest bardzo kłopotliwe. Dlatego ograniczniki prądów ETITEC wyposażone są w dodatkowe styki przełączne służące do zdalnej sygnalizacji uszkodzenia elementu warystorowego. Seria ograniczników oznaczona symbolem RC jest wyposażona w wyżej wymienione zewnętrzne (Rys.2) styki służące do przyłączenia obwodu zewnętrznej sygnalizacji (akustycznej lub wizualnej) uszkodzenia elementu warystorowego lub wysunięcia wkładki warystorowej z podstawy np. przez osoby nieupoważnione. Do styków sygnalizacyjnych (RC) można podłączyć przewód o maksymalnym przekroju 1,5 mm<sup>2</sup>, a ich największa możliwa obciążalność to 0,5 A/ 250V~. Styki przełączne oznaczone są numerami 14, 11, 12 gdzie para liczb 11-12 oznacza styk rozwierny (NZ), a 11-14 styk zwierny (NO). Rysunek 2 przedstawia przykład obwodu zewnętrznej sygnalizacji akustycznej i wizualnej uszkodzenia elementu warystorowego ogranicznika prądów ETITEC. Schemat styków sygnalizacji uszkodzenia warystora przedstawiony został na Rys.3. Jako elementu sygnalizacyjnego można użyć dzwonka lub lampki sygnalizacyjnej o symbolach podanych na Rys.2, które również są w ofercie firmy ETI Polam. Możliwość wyjmowania pakietu warystorowego z podstawy ogranicznika (Rys 3) jest jego dużą zaletą w stosunku do ograniczników zablokowanych. Wiąże się ona nie tylko z konieczności jego wymiany w stanach awaryjnych. Konstrukcja podstawy ogranicznika określonego typu oraz wstawki warystorowej uniemożliwia włożenie do podstawy wstawki o innych parametrach niż przypisana dla danego typu dzięki specjalnemu elementowi identyfikującemu wstawkę (Rys. 3). Prawidłowo zainstalowany ogranicznik w sieci zasilającej uniemożliwia wykonanie podstawowego pomiaru - wartości rezystancji izolacji instalacji oraz rezystancji pętli zwarcia. W czasie trwania pomiarów serwisowych instalacji, aby uniknąć sfałszowanych wyników pomiarów, wszystkie wstawki warystorowe ograniczników prądów powinny być wyjęte z ich podstaw.

Wskaźnik uszkodzenia



Rys.1 Sygnalizacja uszkodzenia elementu warystorowego ogranicznika prądów Typu 2

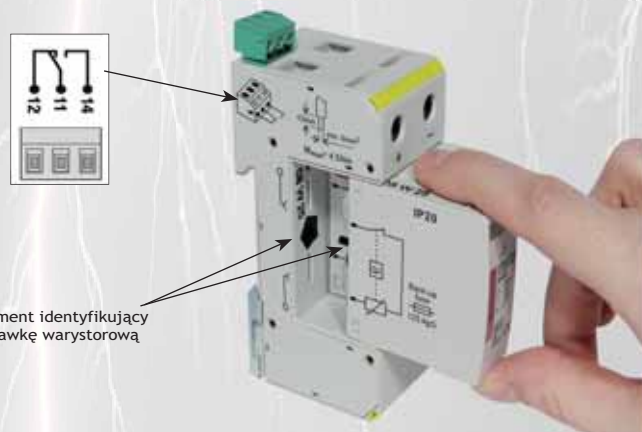
Styki zdalnej sygnalizacji (RC) uszkodzenia warystora



Ogranicznik ETITEC C RC ze stykami zdalnej sygnalizacji uszkodzenia warystora

Rys.2 Obwód zewnętrzny sygnalizacji uszkodzenia warystora i wyjęcia wstawki warystorowej

Rys.2 Obwód zewnętrzny sygnalizacji uszkodzenia warystora i wyjęcia wstawki warystorowej



Element identyfikujący wstawkę warystorową

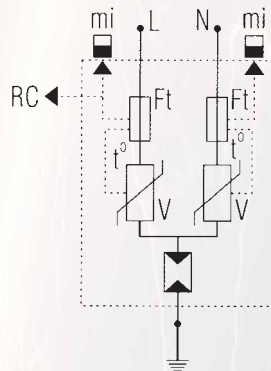
Rys.3 Wymienna wstawka warystorowa ogranicznika prądów ETITEC C



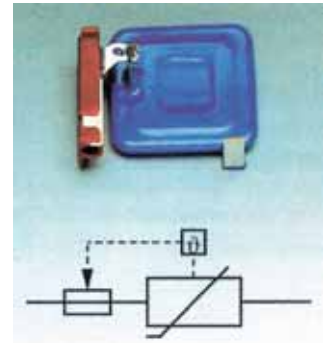
We wnętrzu każdego ogranicznika przepięć znajduje się zabezpieczenie termiczne (Rys. 3), które w przypadku przekroczenia dopuszczalnej wartości prądu płynącego w stanie normalnej pracy (przy napięciu znamionowym instalacji) odłącza ogranicznik z obwodu, w którym został zainstalowany. Dzięki takiemu rozwiązaniu w przypadku uszkodzenia lub pogorszenia się stanu technicznego elementu warystorowego, ogranicznik nie spowoduje



Rys.1 Ogranicznika przepięć ETITEC C2 275/30



Rys.2 Układ wewnętrzny ogranicznika przepięć ETITEC C2 275/30 z mikroiskiernikiem



Rys.3 Element warystorowy ogranicznika przepięć z widocznym zabezpieczeniem termicznym

zakłócenia dyspozycyjności chronionej instalacji. W przypadkach, gdy wartość prądu płynącego przez ogranicznik przy napięciu znamionowym 20 -50  $\mu$ A stanowi problem, stosuje się ograniczniki wykonane z szeregowo połączonych warystora i iskiernika gazowanego. Przykładem takiego aparatu jest ETITEC C2 275/30 (Rys. 1). Wartość prądu płynącego przez ten ogranicznik przepięć przy napięciu znamionowym nie przekracza 1  $\mu$ A.

W celu prawidłowego doboru elementów ochrony przed przepięciami z zastosowaniem ograniczników przepięć typu 2 (klasy C), poza parametrami technicznymi stosowanych aparatów należy także uwzględnić w jakim układzie sieci wykonana jest instalacja. W przypadku wykonywania drugiego stopnia ochrony przed przepięciami w jednym z najczęściej stosowanych układów sieci - TNC i napięciu znamionowym 230/400V ochronie podlegają wszystkie przewody fazowe. w instalacji trójfazowej TNC stosuje się 3 ograniczniki przepięć. Każdy z ograniczników podłączony jest pomiędzy jednym z przewodów fazowych a przewodem ochronno-neutralnym PEN (Rys. 3 str. 36). Do ochrony instalacji trójfazowej w układzie sieci TNS stosuje się 4 ograniczniki przepięć. Trzy ograniczniki przyłącza się pomiędzy przewody fazowe (L1,L2,L3), a przewód ochronny PE, a jeden ogranicznik pomiędzy przewód neutralny N a ochronny PE (Rys. 2 Str. 36).

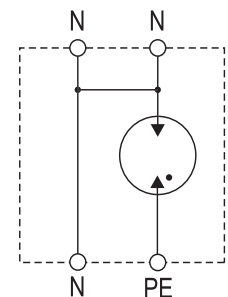
Zaleca się aby ograniczniki przepięć były zamontowane przed wyłącznikiem ochronnym różnicowoprądowym. Takie połączenie ma dwie zalety: chroniony jest wyłącznik różnicowoprądowy, a ponadto prądy przepływające przez ograniczniki przepięć przy napięciu znamionowym nie powodują zbędnych zadziałań wyłączników różnicowoprądowych. W przypadku ochrony przed przepięciami w instalacji trójfazowej o napięciu 230/400v i układzie TT stosuje się tzw. układ połączeń „3 + 1” - czterech ograniczników (3 ograniczniki warystorowe i 1 iskiernik). Trzy ograniczniki warystorowe są podłączone pomiędzy przewody fazowe (L1,L2,L3) a przewód neutralny natomiast iskiernik włącza się pomiędzy przewód neutralny N, a uziemienie PE ( Rys. 4 Str. 36). Należy dodać, że warystorowe ograniczniki przepięć dla układu sieci TT powinny posiadać napięcie pracy ciągłej  $U_c$  nie mniejsze niż 440V. Dla układu sieci TT są przeznaczone ograniczniki przepięć ETITEC 440/20 oraz iskiernik ETITEC 255/20 G (Rys.6)



Rys.4 Ogranicznika przepięć ETITEC C 275/20 G 4p dla układu TNC-S

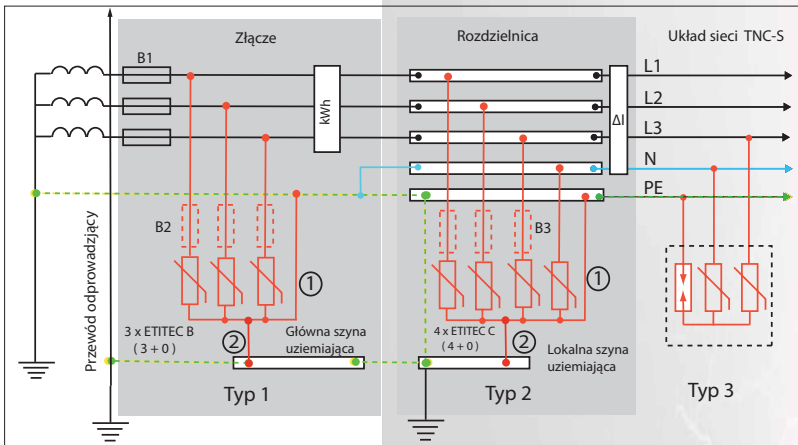


Rys.5 Iskiernik ETITEC C 255/20 G dla układu TT

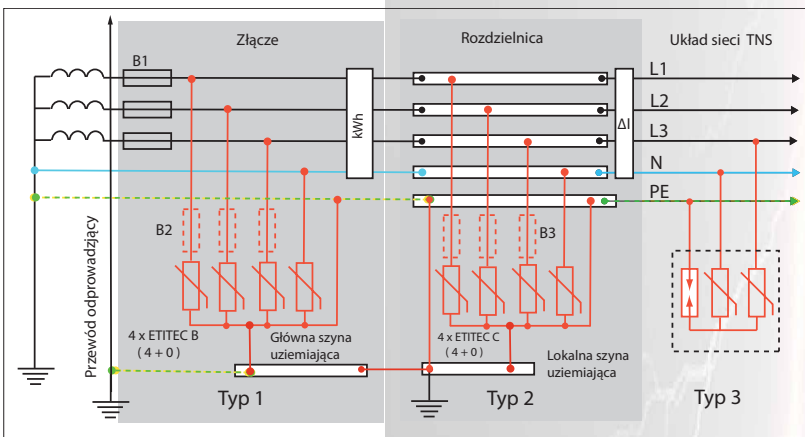


Rys.6 Układ wewnętrzny iskiernika dla układu TT ETITEC C 255/20 G

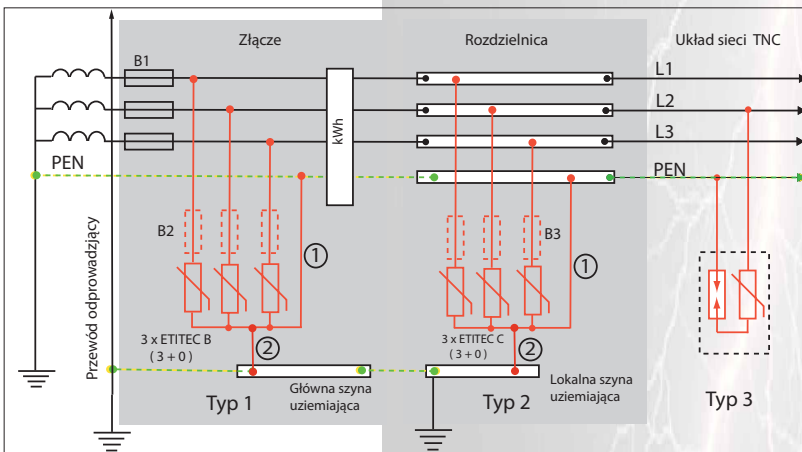
Układy połączeń ograniczników przepięć w różnych systemach sieci



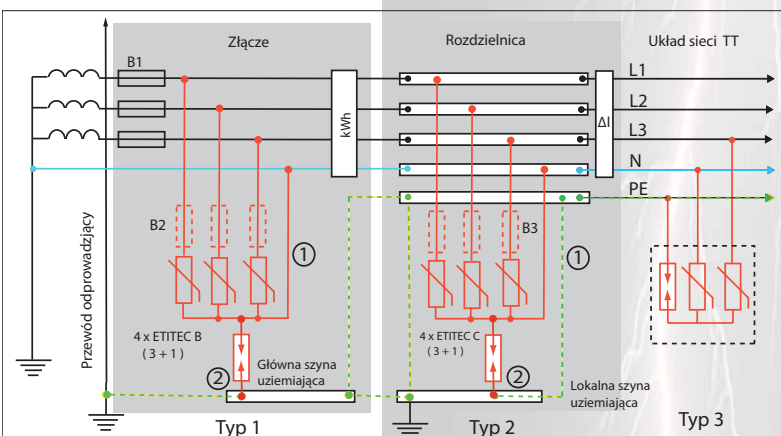
Rys.1  
Układ połączeń ograniczników ETITEC B i ETITEC C w układzie sieci TNC-S (3+0)



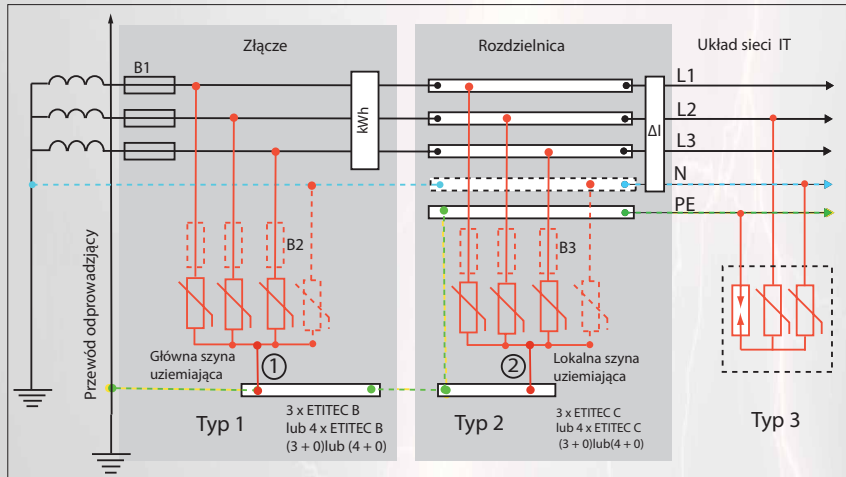
Rys.2  
Układ połączeń ograniczników ETITEC B i ETITEC C w układzie sieci TNS (4+0)



Rys.3  
Układ połączeń ograniczników ETITEC B i ETITEC C w układzie sieci TNC (3+0)



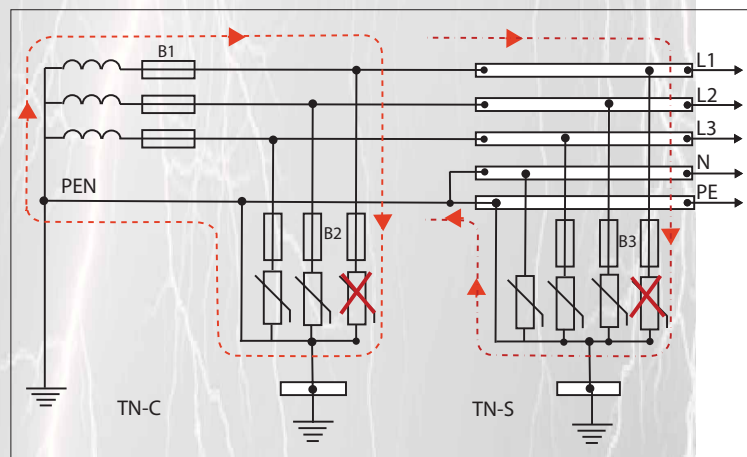
Rys.4  
Układ połączeń ograniczników ETITEC B i ETITEC C w układzie sieci TT (3+1)



Rys.1  
Układ połączeń ograniczników  
ETITEC B i ETITEC C  
w układzie sieci IT  
(3+0) lub (4+0)

### Dobezpieczanie ograniczników prądów

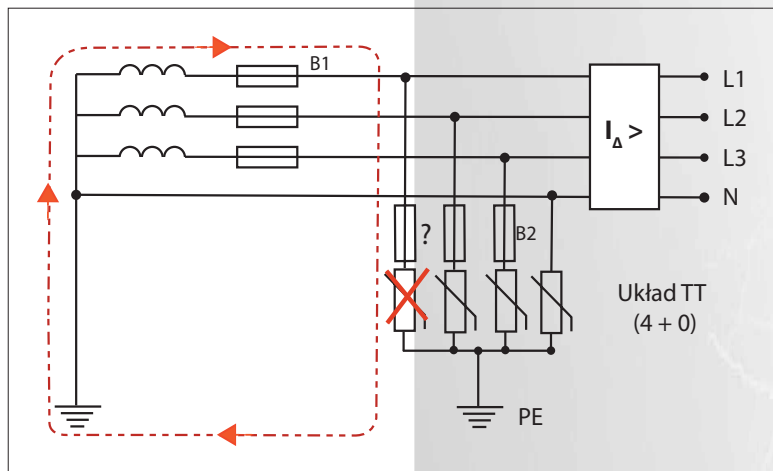
Na powyższych układach połączeń ograniczników do różnych konfiguracji sieci umieszczone zostały zabezpieczenia topikowe B2, B3, szeregowo włączone do gałęzi zastosowanych ograniczników prądów. Ponadto na schemacie występuje również zabezpieczenie główne B1. Jak już wcześniej wspomniano, ograniczniki prądów ETITEC nie posiadają wbudowanego wewnętrznego zabezpieczenia zwarciowego i rolę jego dobezpieczenia musi spełnić bezpiecznik zewnętrzny. Parametry ograniczników prądów, a zwłaszcza znamionowy i maksymalny prąd wyładowczy należy tak dobrać w zależności od wymaganego poziomu ochrony (Tabela 1 Str. 11), aby prawdopodobieństwo ich przekroczenia było jak najmniejsze. Nie można oczywiście precyzyjnie przewidzieć wartości wyładowań atmosferycznych. Mogą wystąpić wartości wielokrotnie przekraczające maksymalny prąd wyładowczy zastosowanych ograniczników co prowadzi do uszkodzenia (zwarcia) ich elementów warystorowych. Zwarcie elementów warystorowych jest również możliwe na skutek wielokrotnego przepływu prądu wyładowczego o wartościach zbliżonych do znamionowej. Zwarcie warystora wewnątrz ogranicznika prądów jest zwarcie doziemnym instalacji pomiędzy przewodem fazowym i ochronnym L - PE. W układach sieci TN i TT istniejące zabezpieczenia (nadprądowe i różnicowoprądowe) powinny dokonać samoczynnego wyłączenia zasilania z uwagi na zagrożenie porażeniowe. Wyłączenie zasilania przez bezpiecznik powinno nastąpić przed upływem 5 s, ponieważ taki graniczny czas jest wymagany w obwodach rozdzielczych, w których są instalowane ograniczniki prądów Typu 1 i 2 (klasy I i II). A zatem zadaniem bezpiecznika dobezpieczającego ogranicznik jest wyłączenie zasilania w przypadku trwałego zwarcia w ograniczniku lub w innym miejscu poprzecznej gałęzi z ogranicznikiem. W układzie sieci TN zwarcie elementu warystorowego w ograniczniku L-PE tworzy niskooporową (metaliczną) pętlę zwarciową złożoną wyłącznie z przewodów (Rys. 2). W tym przypadku prąd zwarciowy ma dużą wartość i łatwo zapewnić samoczynne wyłączenie zasilania w wymaganym czasie za pomocą bezpieczników B1 lub B2.



Rys. 2 Niskooporowa pętla prądu zwarciowego w przypadku zwarcia w ograniczniku prądów w układzie sieci: TN-C (układ ograniczników 3+0) lub TN-S (układ ograniczników 4+0)



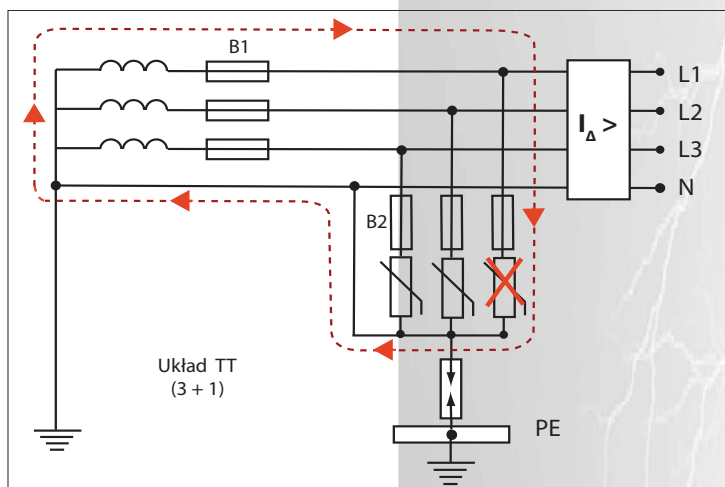
Ograniczniki przepięć powinny być włączone do sieci przed głównym wyłącznikiem różnicowoprądowym aby wyeliminować możliwość jego zbędnego zadziałania po każdorazowym zadziałaniu ogranicznika. W układzie sieci TT pętla zwarcia zamyka się przez ziemię Rys. 1) i prąd zwarciowy jest za mały, aby spowodować zadziałanie bezpieczników wstępnych B1 lub B2.



Rys.1  
Ograniczniki przepięć w układzie 4+0 w układzie sieci TT. Bezpiecznik nie wyłącza uszkodzonego ogranicznika, efektem czego niebezpieczne napięcie występuje na przewodzie ochronnym PE.

Ograniczniki przepięć zainstalowane w tej części instalacji mogą wywołać zwarcia krótkotrwałe (podczas odprowadzania prądu wyładowczego), lub w razie uszkodzenia elementu warystorowego mogą wywołać trwałe zwarcie. Tak więc ograniczniki przepięć w układzie 4 + 0 w instalacji TT jak na Rys. 1 mogą stwarzać zagrożenie porażeniowe. Najlepszym rozwiązaniem jest układ 3 + 1 ograniczników przepięć (Rys. 2) o trzech ogranicznikach warystorowych włączonych między każdy z przewodów fazowych a przewód neutralny oraz czwartym iskierniku włączonym między przewód neutralny N i przewód ochronny PE.

Przy zwarciu w ograniczniku L-N płynie duży prąd w niskoomowej pętli złożonej z przewodów, wystarczający do



Rys. 2  
Ograniczniki przepięć w układzie 3+1 w układzie sieci TT. Bezpiecznik wyłącza uszkodzony ogranicznik. Nie ma zagrożenia porażeniowego.

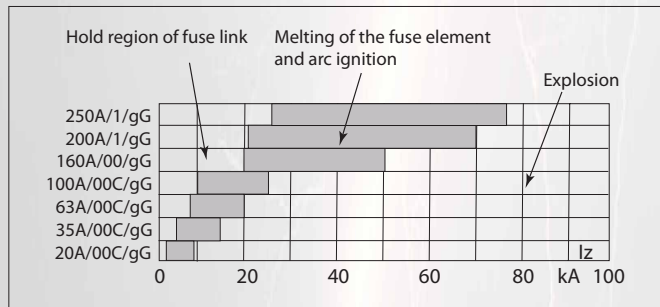
zadziałania zabezpieczenia zwarciovego. Jak widać z powyższego schematu, zwarcie L - PE nie jest możliwe, bez jednoczesnego zwarcia L - N. Iskiernik włączony między N - PE zapewnia bowiem niezawodne oddzielenie przewodów N i PE. Jego znamionowy prąd wyładowczy powinien być większy niż ograniczników warystorowych (50, 75 lub 100 kA w zależności od poziomu ochrony), bo może przewodzić sumę prądów wyładowczych płynących przez dwa lub trzy ograniczniki



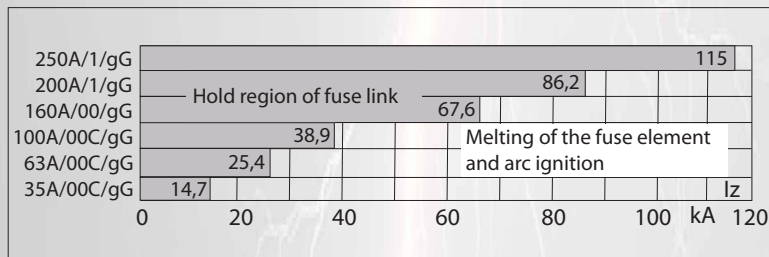
Rys. 3 Ograniczniki przepięć ETITEC C w układzie 4 + 0 zamontowane w rozdzielnicy mieszkaniowej

## Oddziaływanie ograniczników przepięć na zabezpieczenia nadprądowe

W instalacji elektrycznej obiektu budowlanego ograniczniki przepięć Typu 1 (klasy I) należy montować za głównymi zabezpieczeniami nadprądowymi - w złączu. W takim układzie po zadziałaniu ograniczników przepięć (np. podczas przewodzenia prądów piorunowych na skutek bezpośredniego wyładowania piorunowego w obiekt lub w przewody instalacji elektrycznej) przez zabezpieczenie nadprądowe popłynie część prądu piorunowego o wartości zbliżonej do prądów płynących przez ograniczniki. Przepływ takich prądów może spowodować zadziałanie lub nawet zniszczenie zabezpieczeń nadprądowych. Zachowanie się bezpieczników topikowych o charakterystyce gG, przez które przepływa prąd piorunowy 10/350  $\mu$ s, przedstawia Rys. 1.



Rys. 1  
Zachowanie się wkładek bezpiecznikowych gG o napięciu znamionowym 500V poddanych przepływowi prądu piorunowego 10/350  $\mu$ s o różnej wartości



Rys. 2  
Zachowanie się wkładek bezpiecznikowych gG o napięciu znamionowym 500V poddanych przepływowi prądu piorunowego 8/20  $\mu$ s o różnej wartości.

Działania prądów udarowych, symulujących prąd piorunowy na zabezpieczenia nadprądowe są analizowane teoretycznie w warunkach laboratoryjnych. Szczególnie pomocne w ocenie zagrożenia stwarzanego przez prąd piorunowy mogą być wyniki badań oddziaływania prądu udarowego o kształcie 10/350  $\mu$ s na różne wkładki topikowe. Przykładowe wyniki tych badań zestawiono w Tabeli 1.

Bezpiecznik przetrzymuje prądy mniejsze niż udarowy prąd zadziałania podany w Tabeli 1.

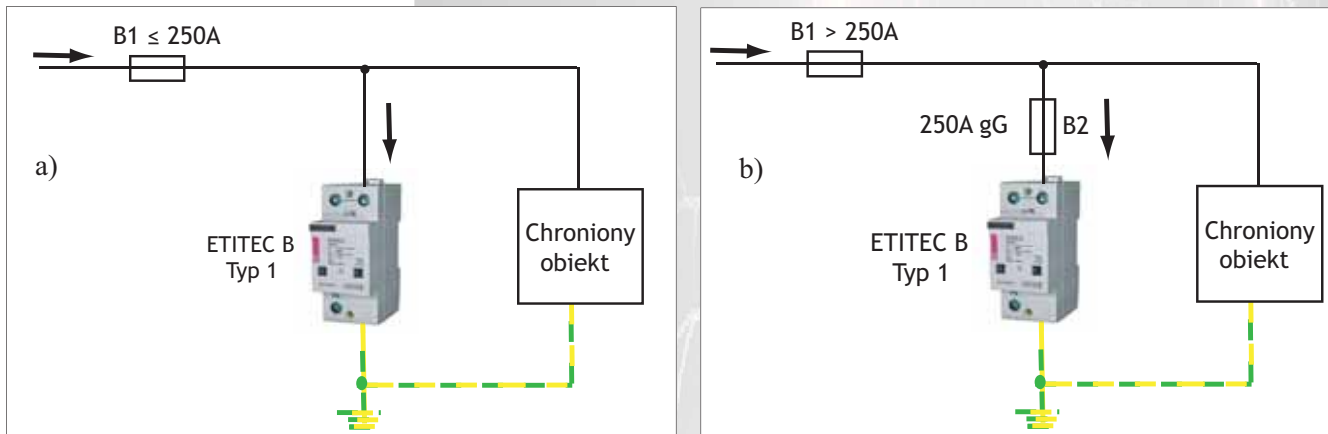
Tabela 1

Prąd znamionowy wkładki $I_n$	Całka Joule'a przedłukowa $I^2t$ przy prądzie 50 Hz	Całka Joule'a prądu piorunowego wielokrotnie przetrzymywana przez zabezpieczenia nadprądowe	Prąd zadziałania [kA]	
			10/350 $\mu$ s	8/20 $\mu$ s
A	A <sup>2</sup> s	kA	kA	kA
25	1210		2,2	9,3
32	2500		3,2	13,4
40	4000	1,3	4,0	16,9
50	5750	2,0	4,8	20,3
63	9000	3,2	6,0	25,4
80	13700	5,0	7,5	31,3
100	21200	8,0	9,5	38,9
125	36000	12	12,1	50,7
160	64000	22	16,1	67,6
200	104000	39	20,6	86,2
250	185000	69	27,5	115,0

Dobierając bezpieczniki topikowe do dobezpieczenia ograniczników przepięć w gałęzi poprzecznej w instalacjach o ważnej pewności zasilania, należy posługiwać się wartością całki Joule'a prądu piorunowego wielokrotnie przetrzymywaną przez bezpieczniki, którą należy porównać z całką Joule'a prądu piorunowego. W skrajnym przypadku przekroczenia udarowego prądu zadziałania bezpiecznika dochodzi do stopienia jego elementu topikowego i trwałego zapłonu łuku elektrycznego. Bezpiecznik nie jest w stanie przerwać przepływu tego prądu ani ograniczyć jego wartości. Z porównania przedstawionych w Tabelicy 1 ( Str. 32 ) wartości prądu jaki może płynąć przez ogranicznik Typu 1 (klasy I) z wartościami prądu jaki może popłynąć w bezpieczniku (Rys. 1 Str. 39) wynika, że wkładki o prądzie znamionowym 200A mogą zadziałać przy prądzie piorunowym nieco większym niż 20 kA. Bezpieczniki o prądzie znamionowym 63A - 100A przy tej wartości mogą nawet eksplodować niszcząc rozdzielnicę i sąsiednie zamontowane aparaty elektryczne.

Już po jednorazowym przekroczeniu maksymalnego dopuszczalnego prądu wyładowczego  $I_{max}$  może dojść do nieodwracalnego zniszczenia (zwarcia) warystora. Nie powinno jednak dojść do uszkodzenia podstawy ogranicznika, obudowy lub sąsiednich urządzeń. Aby nie przekroczyć wytrzymałości zwarciowej ogranicznika przepięć - 25 kA powodując jego uszkodzenie należy dobezpieczać go bezpiecznikiem o charakterystyce gG o prądzie znamionowym podanym podanym przez producenta. Zwykle jest bezpiecznik B1 o prądzie 125 A lub 250 A w zależności od typu ogranicznika. Określając potrzebę stosowania dodatkowego bezpiecznika w gałęzi poprzecznej ogranicznika, należy porównać wartości znamionowych prądów  $I_{B1}$  zabezpieczenia nadprądowego głównego (w złączu), z wartości prądu zalecanym przez producenta  $I_{B2}$  lub  $I_{B3}$ . W zależności od wyników porównania należy zastosować układ :

- $I_{nB1} \leq I_{nB2}$  - bez dodatkowych bezpieczników dobezpieczających ograniczniki przepięć (Rys. 1a)
- $I_{nB1} > I_{nB2}$  - z dodatkowymi bezpiecznikami dobezpieczającymi ograniczniki przepięć (Rys. 1b)



Rys. 1 Układy połączeń ograniczników przepięć Typu 1  
 a) bez dodatkowego bezpiecznika  
 b) z dodatkowym bezpiecznikiem dobezpieczającym ogranicznik

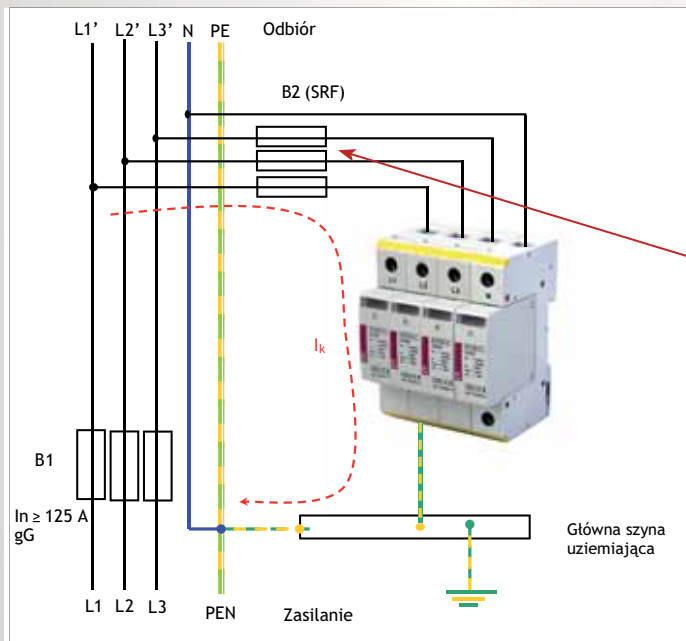
Znamionowa zdolność zwarciowa bezpieczników topikowych to ok. 100 kA. W przypadku zaistnienia warunków umożliwiających przepływ tak dużego spodziewanego prądu zwarciowego, zadaniem bezpiecznika B2 jest ograniczenie tego prądu do wartości poniżej wytrzymałości zwarciowej ogranicznika - 25 kA. Wartość prądu ograniczonego przez bezpiecznik topikowy można odczytać z charakterystyk prądów ograniczonych wkładek gG, które są zamieszczone w katalogu zbiorczym firmy ETI Polam. Powyższe warunki obowiązują zarówno dla ograniczników Typu 1 jak Typu 2.

**Bezpieczniki topikowe SRF specjalne - do dobezpieczania ograniczników przepięć**

W ciągu ostatnich kilku lat zwiększyło się zainteresowanie aparatami do ograniczania przepięć; co więcej jest to jeden z najszybciej rozwijających się segmentów wśród aparatów zabezpieczających instalacje elektroenergetyczne. Nowością wśród produktów firmy ETI Polam jest seria bezpieczników topikowych cylindrycznych SRF (Surge Rated Fuses), przeznaczonych wyłącznie do zabezpieczania wstępnego ograniczników przepięć

Jak już wcześniej wspomniano element warystorowy ogranicznika Typu 2 po przejściu zbyt dużego prądu wyładowczego (ładunku) może ulec uszkodzeniu i spowodować zwarcie. Droga przepływu prądu zwarciowego jest pokazana na Rys. 1 (Str. 41) – linia czerwona przerywana. Prąd ten może przekroczyć wytrzymałość zwarciową ogranicznika - 25 kA, i z tego względu jest to prąd niebezpieczny z punktu widzenia możliwości uszkodzenia ogranicznika jak i sąsiednich urządzeń zainstalowanych w rozdzielnicy oraz ochrony przeciwporażeniowej dodatkowej. Aby ochronić ogranicznik i jego gałąź obwodu przed prądem zwarciowym należy szeregowo z ogranicznikami zastosować bezpieczniki topikowe B2 – SRF (Rys. 2), ale tylko wtedy, gdy zabezpieczenie główne linii zasilającej – ( np. w złączu ) stanowią bezpieczniki topikowe o charakterystyce gG i o prądzie znamionowym większym niż 125A.





Rys. 1 Bezpieczniki topikowe cylindryczne SRF 14 x 51 dobezpieczające ograniczniki przepięć ETITEC C

Bezpieczniki topikowe cylindryczne SRF o rozmiarze 14x51 mm zostały skonstruowane specjalnie do wstępnego zabezpieczenia ograniczników przepięć Typu 2 (klasy C), testowanych impulsem próbnym 8/20 $\mu$ s. Bezpieczniki te gwarantują przetrzymanie impulsu prądu wyładowczego 8/20 $\mu$ s płynącego przez ogranicznik w momencie jego zadziałania - reakcji na przepięcie. W celu prawidłowego doboru bezpiecznika SRF należy przyjąć aby maksymalny prąd udarowy bezpiecznika (8/20 $\mu$ s) był większy niż prąd znamionowy wyładowczy  $I_{sp}$  ogranicznika (8/20 $\mu$ s). Bezpieczniki SRF posiadają zdolność silnego ograniczania prądu w warunkach zwarcia i gwarantują wyłączenie chronionego obwodu przy przepływie w nim prądu zwarciovego na skutek uszkodzenia elementu warystorowego. Dokładne dane techniczne bezpieczników SRF podane są w Tabeli 1. W kolumnie 6 pokazano wartości prądów zwarciovych przetrzymywanych (ograniczonych)  $I_{peak}$  przy przepływie spodziewanego prądu zwarciovego o wartości 130 kA. W przypadku, gdy zabezpieczenie główne chronionej instalacji (np. w złączu) zawiera bezpiecznik o prądzie znamionowym mniejszym niż 125 A, stosowanie dobezpieczającego ogranicznika dodatkowym bezpiecznikiem jest bezcelowe. Bezpieczniki cylindryczne można montować w rozłączniku bezpiecznikowym VLC 14 1p lub 3p, przeznaczonym do wkładek cylindrycznych o rozmiarze 14x51 mm Rys. 2. Jest to aparat modułowy do montowania na szynie TH 35 podobnie jak modułowe ograniczniki przepięć ETITEC C.

Tabela 1

Typ	8/20 $\mu$ s Max. prąd udarowy (A)	Wielkość	Całka przedtukowa I <sub>2t</sub> (A <sup>2</sup> s)	Całka wyłączenia I <sub>2t</sub> (A <sup>2</sup> s)	I <sub>PEAK</sub> przy 130kA
1	2	3	4	5	6
SRF10	10.000	14 x 51	2.360	10.370	8.320
SRF20	20.000		5.490	17.700	10.430
SRF30	30.000		16.750	39.880	13.540
SRF40	40.000		33.680	72.800	17.480

Zalety eksploatacyjne bezpieczników cylindrycznych 14x51 mm SRF:

- napięcie znamionowe - 600 V AC
- znamionowa zdolność zwarciova - 200 kA
- dostępne dla max. prądów udarowych 10 kA – 40 kA (8/20 $\mu$ s)
- silne ograniczanie prądów zwarciovych
- możliwość stosowania ich w modułowej aparaturze – w rozłączniku VLC 14

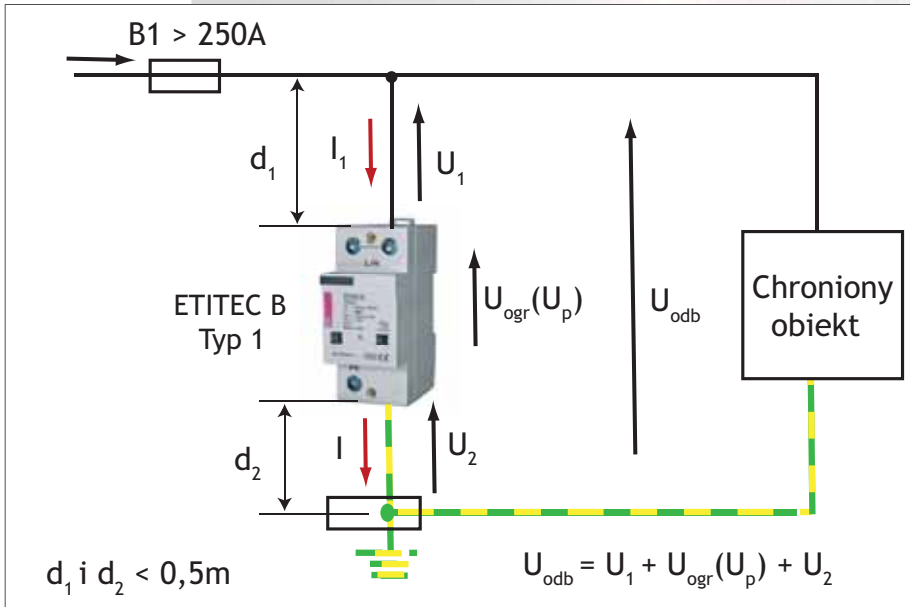


Rys. 2 Rozłącznik bezpiecznikowy do wkładek topikowych cylindrycznych SRF 14 x 51 dobezpieczających ograniczniki przepięć

### Ograniczanie spadków napięć na przewodach ograniczników przepięć

Mimo zastosowania w obiekcie budowlanym ograniczników przepięć, do odbiornika przedostaje się napięcie  $U_{odb}$  (Rys. 1), które jest sumą spadków napięć  $U_1$  i  $U_2$  występujących na przewodach - zasilającym i ochronnym PE w czasie przepływu prądu wyładowczego. Dodatkowe napięcia powstające na przewodach mogą spowodować zniszczenia urządzeń zainstalowanych w w miejscu wprowadzania instalacji do obiektu np. wyposażenia z łączą lub rozdzielniczy pomiarowej, przeciążenie lub zniszczenie ograniczników przepięć kolejnych stopni.

Aby uniknąć powyższych uszkodzeń należy wziąć pod uwagę nie tylko rozmieszczenie ograniczników przepięć, ale także sposób ich montażu i przyłączenia do chronionej instalacji. Należy zastosować odpowiedni przekrój przewodów zasilających oraz łączących z zaciskiem PE. Stosować jak najkrótsze przewody w gałęzi poprzecznej (nie przekraczające 0,5 m z każdej strony) - Rys. 1, unikać pętli i ostrych łuków.



Rys. 1 Spadki napięć na ograniczniku ETITEC B

W układach połączeń ograniczników (Rys. 1) napięcie  $U_{odb}$  na chronionym odbiorniku jest równe:

$$U_{odb} = U_{ogr} + U_1 + U_2$$

gdzie  $U_{ogr}$  - napięcie panujące na ograniczniku ( $U_p$ )

$U_1$  - spadek napięcia na przewodzie łączącym ogranicznik z przewodem fazowym lub neutralnym

$U_2$  - spadek napięcia na przewodach łączących ogranicznik z przewodem lub szyną PE.

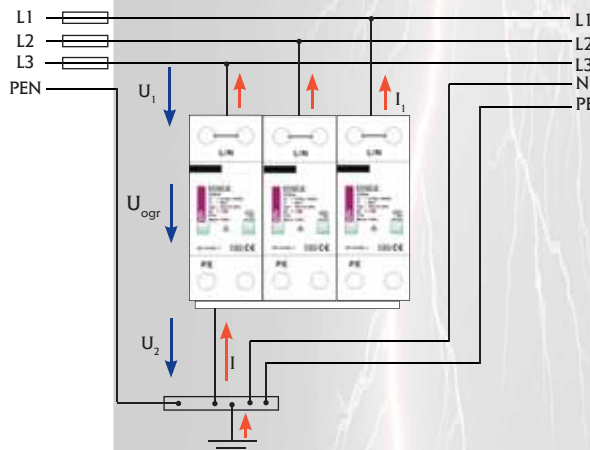
W przypadku przepływu prądów udarowych podstawowe znaczenie mają spadki napięcia na indukcyjnościach przewodów. Zależność określająca napięcie na chronionym odbiorniku przyjmuje postać:

$$U_{odb} = U_{ogr} + L d_1 di/dt + L d_2 di/dt \text{ [kV]}$$

gdzie  $L$  - indukcyjność jednostkowa przewodów w [ $\mu\text{H/m}$ ]

$d_1, d_2$  - długości przewodów łączących ogranicznik z przewodami fazowymi i szyną PE

$di_1/dt, di/dt$  - stromości narastania prądów udarowych płynących w przewodach łączących ogranicznik z przewodem fazowym i szyn PE w [ $\text{kA}/\mu\text{s}$ ].



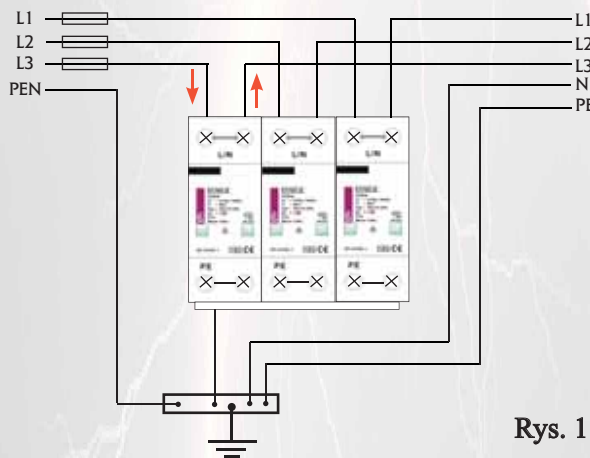
Rys. 2 Podział prądów i spadki napięć na trójfazowym układzie połączeń ograniczników ETITEC B

W trójfazowym układzie ochronnym (Rys. 2) przy równomiernym podziale prądu w przewodach łączących ogranicznik z przewodami fazowymi, zależność określająca napięcie istniejące na chronionym obiekcie można określić zależnością:

$$U_{odb} = U_{ogr} + L(d_1/3 + d_2)di/dt$$

Główne znaczenie jednak mają spadki napięć na indukcyjnościach przewodów doprowadzonych do ogranicznika. Aby w przybliżeniu oszacować zagrożenie można przyjąć, że przepływ prądu udarowego o stromości narastania  $1\text{kA}/\mu\text{s}$  wywołuje na przewodzie o długości  $1\text{m}$  spadek napięcia ok.  $1\text{kV}$ . Przy rzeczywistych zagrożeniach wyładowczych stromość narastania prądów udarowych osiąga wartość od kilku do kilkunastu  $\text{kA}/\mu\text{s}$ . Przy ocenie zagrożenia należy zwrócić uwagę na spadki napięć na przewodzie łączącym ograniczniki z szyną PE. W przewodzie tym płynie wielokrotnie większy prąd, który jest sumą prądów płynących w w przewodach łączących ograniczniki z przewodami fazowymi. Aby zmniejszyć zagrożenie ograniczniki należy instalować w takich miejscach, w których do ich połączenia można zastosować jak najkrótsze przewody.

Wspomniane powyżej problemy narażeń napięciowych instalacji elektrycznej najłatwiej jest usunąć w klasycznym układzie połączeń ograniczników bez bezpieczników dobezpieczających. Stosuje się w tym celu układ połączeń tzw. V (Rys. 1), który eliminuje gałąź poprzeczną a tym samym spadek napięcia.

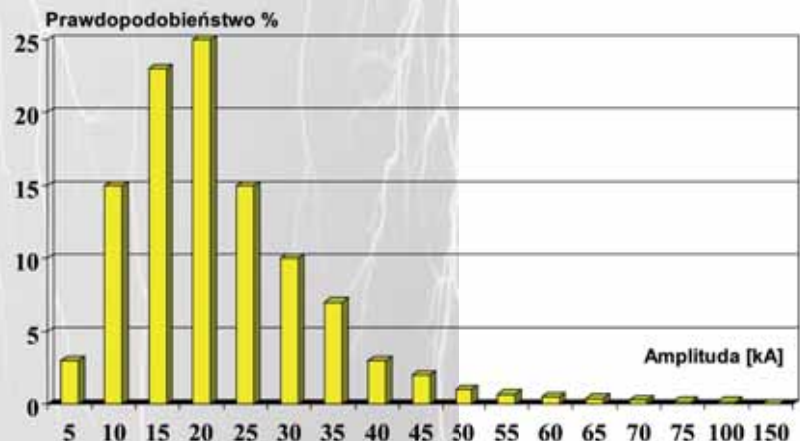


Rys. 1 Układ połączeń V ograniczników (3 + 0)

Od strony przewodów fazowych L1, L2, L3 do każdego ogranicznika przyłącza się dwa przewody, na co pozwalają podwójne zaciski na ogranicznikach ETITEC. Są to zaciski do przewodów o przekroju na ogół znacznie większym niż w przypadku przyłączania ograniczników w oddzielnej gałęzi poprzecznej. Chodzi tutaj o główne przewody L1, L2, L3 zasilające instalację, przewodzące prąd roboczy w stanie normalnej pracy i wymagające zabezpieczenia od skutków zwarc i przeciążeń. Natomiast przewody oddzielnej gałęzi poprzecznej (Rys. 2 Str. 42) nie przewodzą prądu w stanie normalnej pracy i wymagają zabezpieczenia tylko od skutków zwarc w przypadku uszkodzeń elementu warystorowego. Podobnie można ograniczyć spadek napięcia na przewodach uziemiających między ogranicznikiem a uziemieniem stosując układ V po stronie PE oraz dodatkową szynę uziemiającą do bezpośredniego wyprowadzenia przewodu ochronnego PE. Ograniczniki o podwójnych zaciskach, przystosowane do układu połączeń V, pozwalają przyłączać przewody o maksymalnym przekroju  $35\text{ mm}^2$  co jest wystarczające dla przewodów zabezpieczonych bezpiecznikami o prądzie znamionowym nie większym niż  $125\text{A}$ . Przyłączanie przewodów o przekroju większym (zabezpieczonych bezpiecznikami o prądzie znamionowym większym niż  $125\text{A}$ ) wymaga zastosowania specjalnego zacisku przejściowego.

### Rozpływ prądu piorunowego w instalacjach obiektu budowlanego

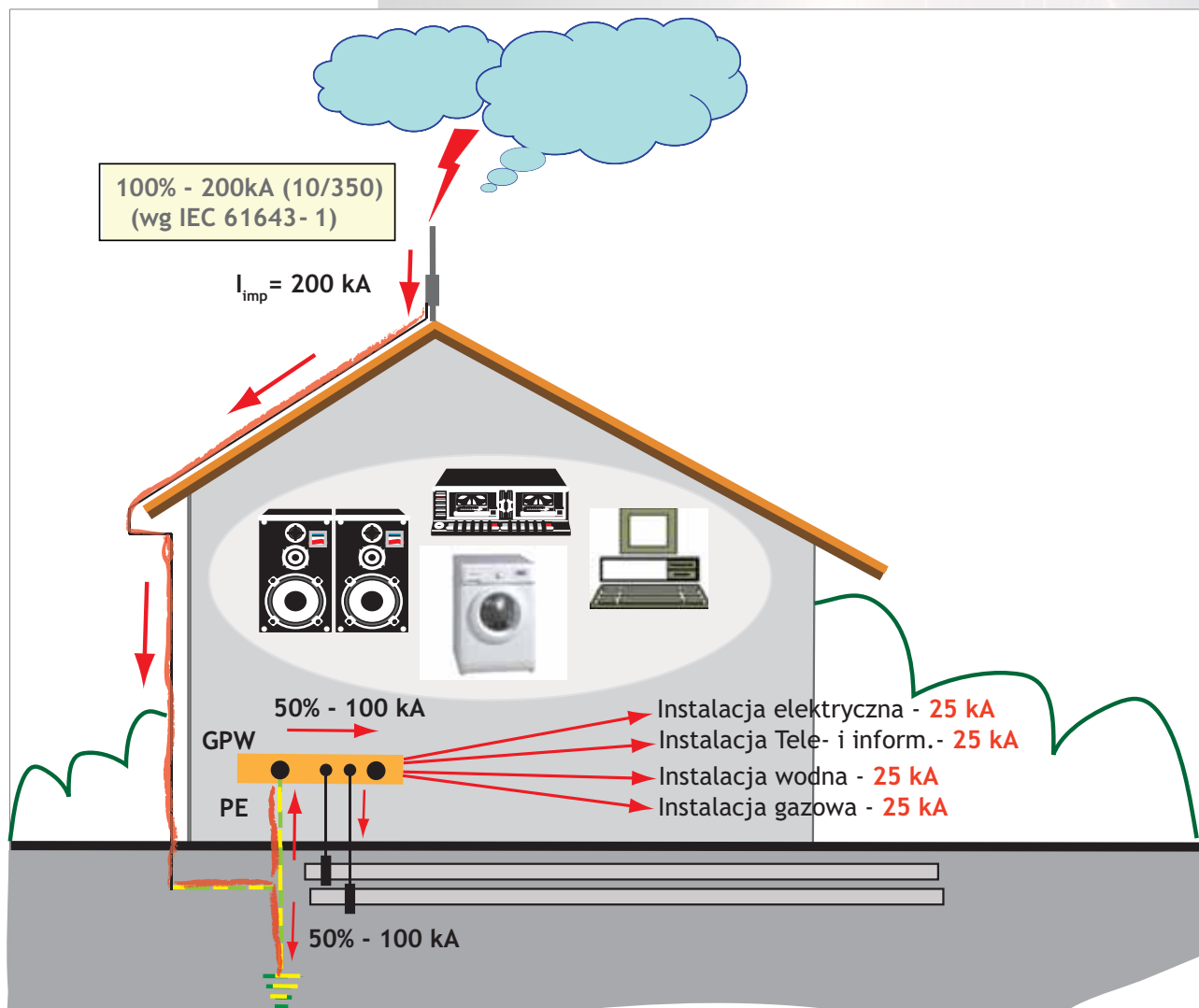
Największe narażenia przepięciowe instalacji elektrycznych i zamontowanych ograniczników występują w obiektach budowlanych wyposażonych w zewnętrzną instalację odgromową (LPS) przy bezpośrednim wyładowaniu atmosferycznym w w ten obiekt. Ocena tych zagrożeń z racji prawdopodobieństwa występowania wyładowań o określonej amplitudzie (Rys.2) nie jest łatwa i wymaga zastosowania dużych uproszczeń.



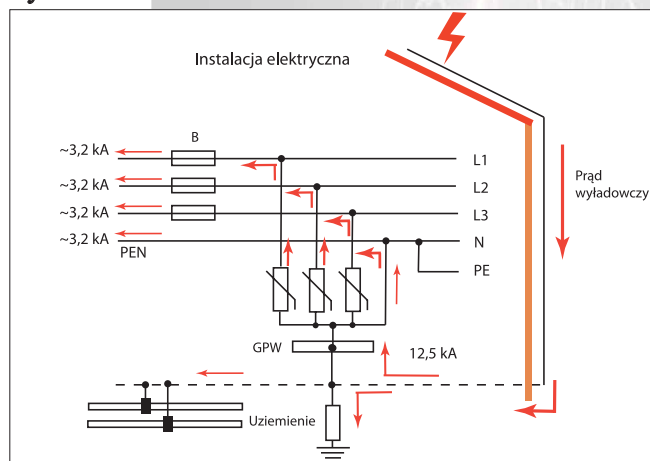
Rys. 2 Prawdopodobieństwo występowania wyładowań atmosferycznych o określonej amplitudzie



W momencie wyładowania prąd piorunowy płynie przez przewód odprowadzający instalacji odgromowej do połączeń wyrównawczych (GPW), do których mogą być podłączone inne uziomy naturalne i sztuczne oraz przewód PE lub PEN instalacji elektrycznej w układzie TN (Rys. 1). Pod wpływem tego prądu piorunowego narasta napięcie udarowe (różnica potencjałów) pomiędzy układem uziemień obiektu budowlanego a wszystkimi wprowadzonymi z zewnątrz do obiektu przewodami instalacji elektrycznej, telekomunikacyjnej i informatycznej. Kiedy napięcie to przekroczy poziom, przy którym elementy warystorowe ograniczników przepięć przechodzą w stan przewodzenia prądu piorunowego (zwykle 800 do 1500V) i następuje chwilowe połączenie wyrównawcze przewodów zasilających z główną szyną wyrównawczą (GPW). Prąd piorunowy rozplywa się w tych przewodach i płynie nimi poza chroniony obiekt (Rys.2). Dokładna ocena rozplywu prądu piorunowego nie jest możliwa, i też należy



Rys. 1 Rozplyw prądu piorunowego we wszystkich instalacjach przy bezpośrednim wyładowaniu atmosferycznym w chroniony obiekt

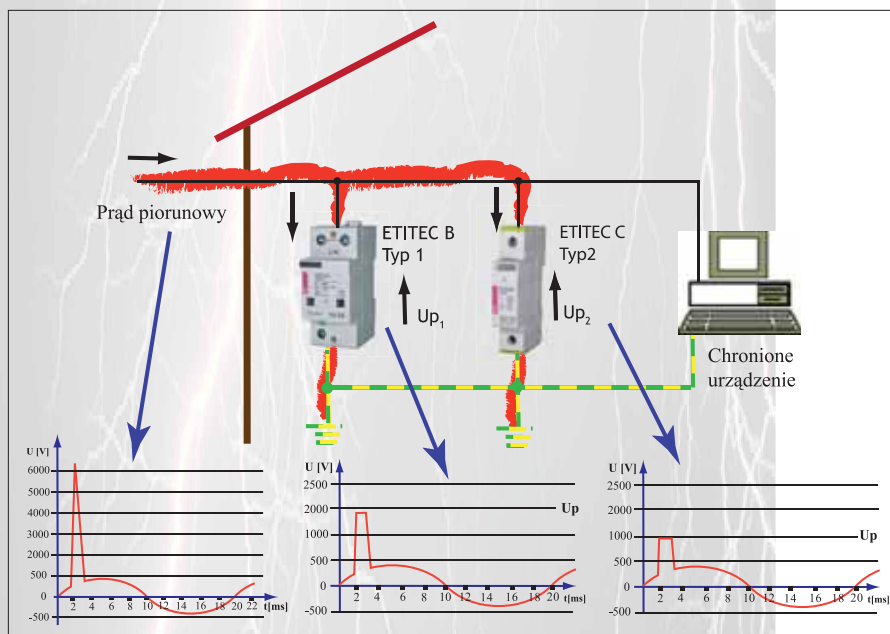


Rys. 2 Rozplyw prądu piorunowego w instalacji elektrycznej przy bezpośrednim wyładowaniu atmosferycznym w chroniony obiekt

przyjmując pewne uproszczenia. Pomaga w tym norma PN-IEC 61312-1:2001, która dopuszcza następujące założenie (zasada 50%): Do rozważań należy przyjąć największy możliwy prąd piorunowy  $I_{imp} = 200 \text{ kA}$ , który może wnikać do instalacji odgromowej. Jest to wartość prądu  $I_{imp}$  o bardzo małym prawdopodobieństwie wystąpienia (Rys.2 Str. 43), ale możliwym do wystąpienia. Połowa - 50% tego prądu (100 kA) wpływa do uziomu instalacji odgromowej (LPS) chronionego obiektu, a druga połowa (też 100 kA) rozplywa się równomiernie na wszystkie metalowe instalacje wchodzące do obiektu, które są zdolne do odprowadzania prądu piorunowego (przewody instalacji elektrycznej, rury metalowe instalacji wodnej i gazowej oraz przewody - ekran instalacji telekomunikacyjnej i informatycznej). Powyższa zasada ułatwia dobór ograniczników przepięć do ochrony instalacji elektrycznej. Przy założeniu, że wszystkie przewody w okładzie sieci TNC ( 4 przewody) doprowadzone do złącza budynku (Rys. 2 Str. 44) w jednakowym stopniu uczestniczą w odprowadzaniu prądu piorunowego, prąd przepływający przez pojedynczy ogranicznik nie przekracza w przybliżeniu wartości  $I_{imp} = 3,2 \text{ kA}$  . Można wtedy zastosować ogranicznik przepięć o znamionowym prądzie wyładowczym  $I_{imp} (10/350) = 5 \text{ kA}$ . Należy jednak zaznaczyć, że taka wartość prądu znamionowego ogranicznika została dobrana po przyjęciu do rozważań prądu wyładowczego  $I_{imp} = 200 \text{ kA}$  występującego w przyrodzie niesłychanie rzadko. Gdyby przyjąć prąd wyładowczy, przejęty przez instalację odgromową najczęściej występujący podczas wyładowań 10 - 35 kA, to prąd płynący przez pojedynczy ogranicznik byłby jeszcze mniejszy. Sytuacja ulega zmianie, kiedy należy dobrać ograniczniki przepięć do ochrony instalacji elektrycznej w budynku zawierającym tylko instalację elektryczną 3-fazową 4 przewodową. Wtedy prąd piorunowy - 50% - 100 kA wnikający przez zewnętrzną instalację odgromową do instalacji zostanie rozdzielony tylko na 4 przewody, a to oznacza obciążenie jednego ogranicznika przepięć i przewodu prądem ok. 25 kA. W takim przypadku należy zastosować w każdej fazie instalacji ogranicznik przepięć o znamionowym prądzie impulsowym nie mniejszym niż  $I_{imp} = 25 \text{ kA}$ . Jeszcze bardziej trudniejszy przypadek nastąpi jeżeli obiekt, który chcemy zabezpieczyć zawiera tylko instalację elektryczną 1 fazową - dwuprzewodową - L i N. Prąd piorunowy rozdziela się wtedy na dwa przewody i dwa ograniczniki, co wymaga zastosowania ograniczników przepięć o znamionowym prądzie impulsowym nie mniejszym niż  $I_{imp} = 50 \text{ kA}$ .

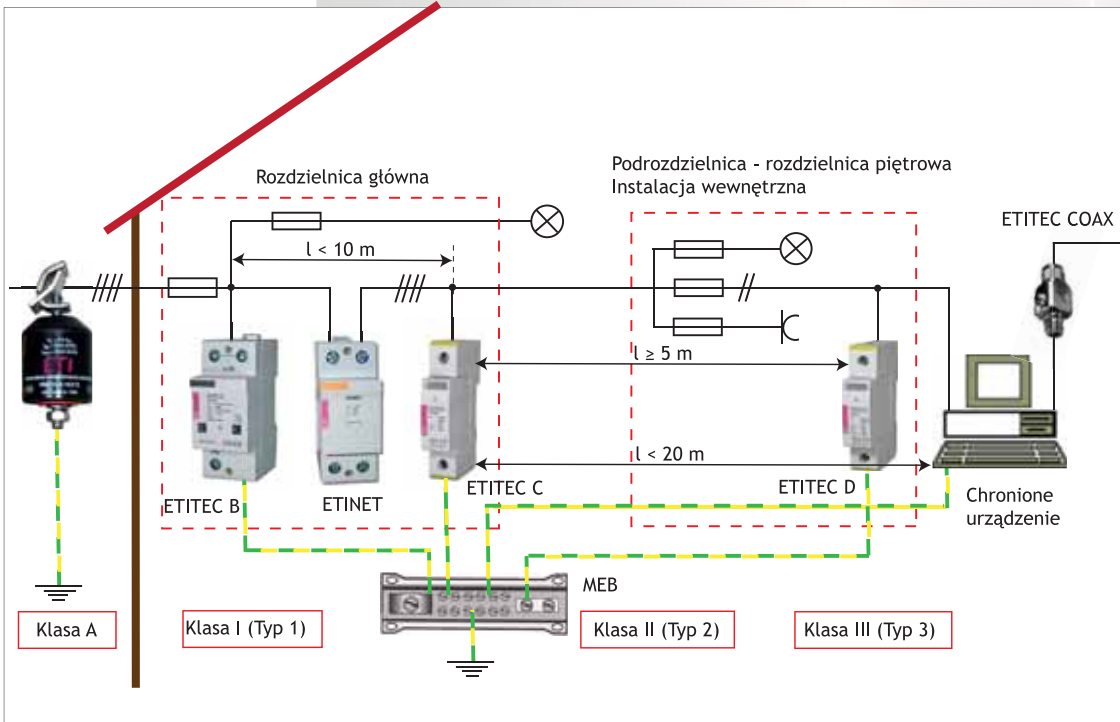
### Dwustopniowe i wielostopniowe układy ochronne

Dwustopniowy układ ochronny ograniczników przepięć polega na podłączeniu do chronionej instalacji ograniczników Typ 1 (I) i ograniczników Typ 2 (II) jednocześnie Rys. 1.



Rys. 1 Przykład ochrony dwustopniowej - stopniowe obniżanie przepięć

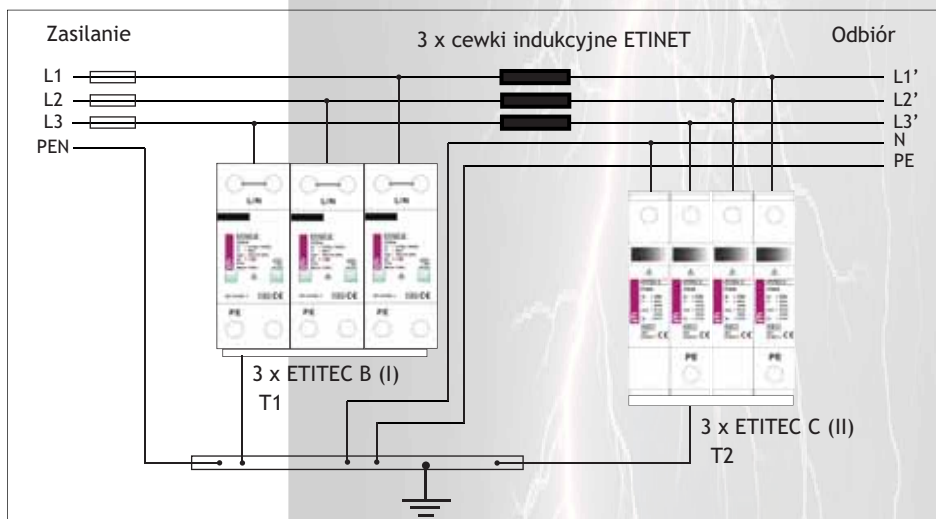
Dotyczy to zwłaszcza ochrony, którą powinny być objęte instalacje i urządzenia o wytrzymałości udarowej izolacji na poziomie 1,5 - 2,5 kV (I lub II kategoria wytrzymałości udarowej) pracujące w obiektach wyposażonych w zewnętrzną instalację odgromową lub szczególnie narażone na wyładowania atmosferyczne. Wielostopniowy układ ochronny powinien być również stosowany w obiekcie bez zewnętrznej ochrony odgromowej ale zasilanych linią napowietrzną, lub gdy pracują w nim urządzenia o niskiej wytrzymałości udarowej izolacji - poniżej 1,5 kV. W przypadku stosowania wielostopniowego układu ochrony przepięciowej, wymagana jest wzajemna koordynacja współpracy pomiędzy ogranicznikami Typ 1 a ogranicznikami Typ 2 lub Typ 3. Prawidłowa współpraca pomiędzy ogranicznikami Typ 1 (ETITEC B) i Typ 2 (ETITEC C) jest zapewniona, jeżeli aparaty te dzieli odcinek przewodu czynnej części instalacji o długości co najmniej 10m. (Rys. 1 Str. 46.)



Rys. 1 Wielostopniowy układ ochrony z wykorzystaniem cewki indukcyjnej ETINET

Odcinek 10m przewodów pomiędzy ogranicznikami Typu 1 i Typu 2 jest potrzebny po to, aby w przypadku pojawienia się od strony zasilania fali przepięciowej, pierwszy zaczyna działać ogranicznik Typu 2 (II-gi stopień). W tym momencie na chronionym urządzeniu panuje napięcie równe poziomowi ochrony  $U_p$  ogranicznika Typu 2. Spadek napięcia, który powstanie na tym przewodzie podczas przepływu prądu wyładowczego przez ogranicznik Typu 2 (ETITEC C) powiększony o spadek napięcia na elemencie warystorowym tego ogranicznika osiągnął pewną wartość progową. Po przekroczeniu tej wartości następuje zadziałanie warystora ogranicznika Typu 1 (ETITEC B) tzn. warystor przechodzi w stan przewodzenia i przewodzi prąd wyładowczy do głównej szyny uziemiającej. Gdyby nie było odcinka przewodu 10m, Spadek napięcia powstały na skutek przepływu prądu wyładowczego przez ogranicznik Typu 2 (ETITEC C) nie spowodował by zadziałania elementu warystorowego ogranicznika Typu 1. Ogranicznik Typ 2 uległ by zniszczeniu i niebezpieczne przepięcie przedostało by się na chronione urządzenie.

W przypadku, gdy nie ma technicznej możliwości zachowania wymaganego odcinka przewodu 10m pomiędzy ogranicznikami Typu 1 i Typu 2 i muszą być instalowane w jednej rozdzielnicy obok siebie, wtedy należy zastosować pomiędzy nimi szeregowo włączony element pośredniczący cewkę indukcyjną ETINET - zwaną cewką odsprężającą (Rys. 2). Zastosowanie cewki - ETINET umożliwia powstanie na niej odpowiedniego spadku napięcia, który umożliwia zadziałanie elementu warystorowego ogranicznika Typu 1. Cewkę indukcyjną ETINET można stosować do prądów znamionowych o natężeniu do 35A i 63A. W przypadku, gdy w instalacji odbiorczej moc zainstalowana odbiorników wymusza przepływ prądu większego od 63A, należy zastosować cewki połączone równolegle. Indukcyjność cewki sprzęgającej ETINET wynosi  $L = 15\mu H$ .

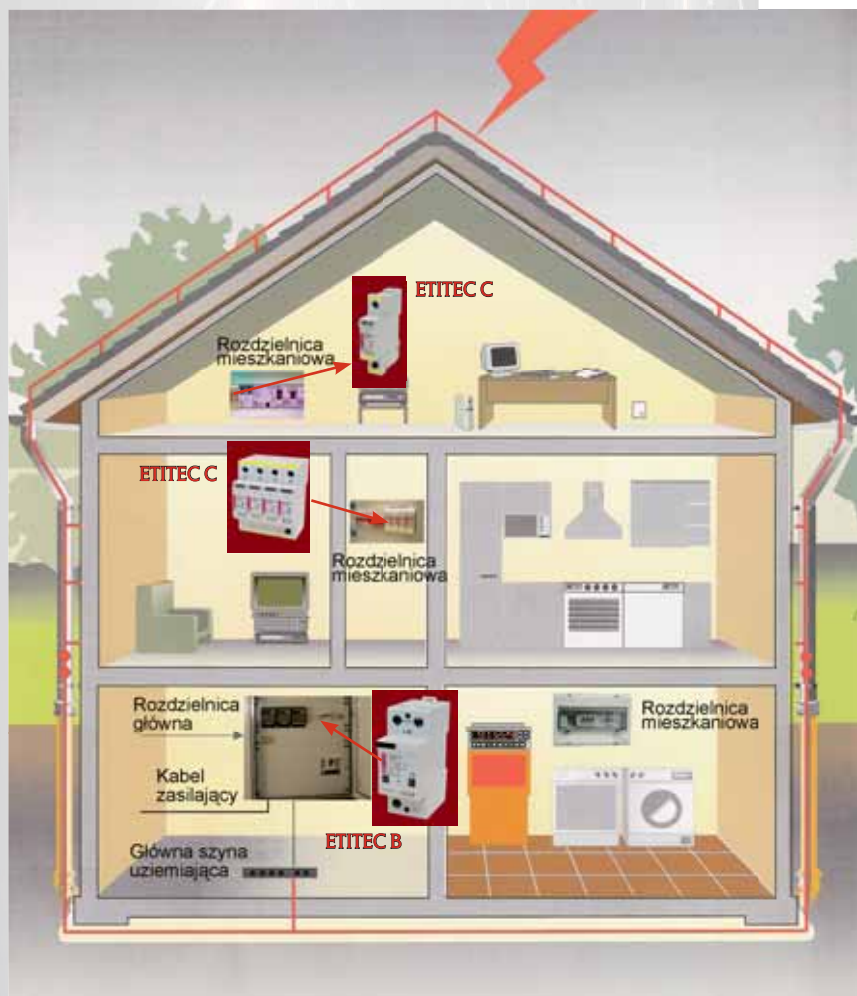


Rys. 2 Zasada stosowania cewki indukcyjnej ETINET



Reasumując powyższe układy wielostopniowe można wysunąć następujące wnioski :

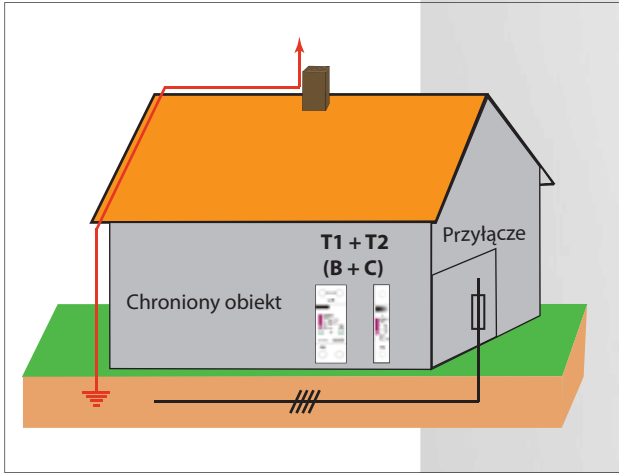
- Układy ochronne wielostopniowe złożone z ograniczników Typu 1 i Typu 2 (B i C) należy stosować w obiektach z zewnętrzną instalacją odgromową, lub zasilanych linią napowietrzną. Jest to spowodowane tym że ok. 50% prądu piorunowego może wnikać do instalacji wewnętrznej obiektu poprzez uziom, zbrojenie lub inne instalacje np. wodociagową. tego typu instalacje są narażone na bezpośrednie działanie prądów piorunowych.
- Układów ochronnych wielostopniowych wymagają również obiekty bez zewnętrznej instalacji odgromowej, zasilane linią kablową, ale usytuowane obok obiektów ułatwiających bezpośrednie wniknięcie do instalacji prądu piorunowego lub pochodzącego od przepięć wewnętrznych np. sąsiedni ( znajdujący się w odległości bliższej niż 100m) obiekt wyposażony w zewnętrzną instalację odgromową, wysoka metalowa budowla, maszt, metalowa konstrukcja obiektu lub rozdzielnica zasilająca.
- W obiektach bez zewnętrznej instalacji odgromowej (budynki wielomieszkaniowe lub jednorodzinne) zasilanych linią kablową (nie krótszą niż 150m) można stosować ograniczniki Typu 2 (C) jako pierwszy stopień w miejscu wejścia instalacji zasilającej do obiektu. W przypadku instalacji rozległych ograniczniki Typu 2 należy instalować co 20m (Rys. 1 str. 46). W budynkach wielokondygnacyjnych poprawną ochronę uzyskuje się montując ograniczniki Typu 2 (C) w każdej rozdzielnicy piętrowej (Rys. 1). W budynkach niskich i rozległych należy montować ograniczniki Typu 2 (C) w rozdzielnicach obwodowych (np. zasilających czuły sprzęt elektryczny) zachowując odległość nie większą niż 20m od chronionych urządzeń.
- Realizując ochronę dwustopniową należy przyjąć, że drugi stopień ochrony tj. ogranicznik klasy II chroni odcinek instalacji o długości ok. 20m.  
W przypadku stosowania trójstopniowego układu ochronnego należy zwrócić uwagę aby ograniczniki trzeciego stopnia - Typu 3 (D) nie były instalowane zbyt blisko miejsca zainstalowania ograniczników Typu 2. Minimalna odległość jaka powinna dzielić te dwie klasy powinna wynosić nie mniej niż 5m czynnej instalacji (Rys. 1 str. 46).



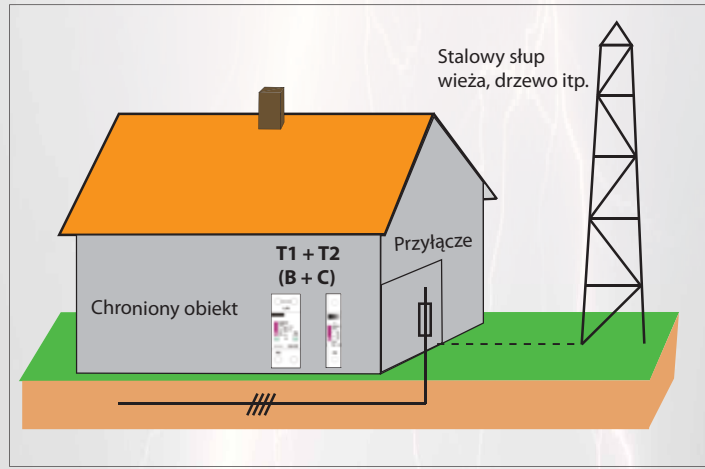
Rys. 1 Rozmieszczenie ograniczników przepięć przy dwustopniowej ochronie budynku wielokondygnacyjnego z zewnętrzną instalacją odgromową

## Warunki dwustopniowego (T1+T2) systemu ochrony przeciwprzebieciowej

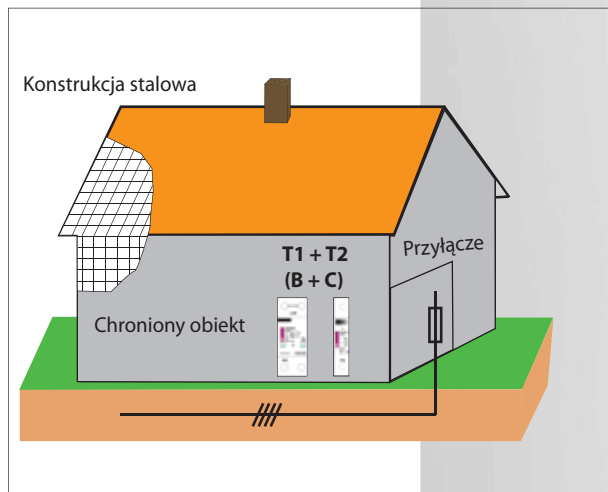
Poniższe rysunki przedstawiają techniczne warunki, które narzucają konieczność stosowania w obiektach budowlanych dwustopniowej ochrony przeciwprzebieciowej.



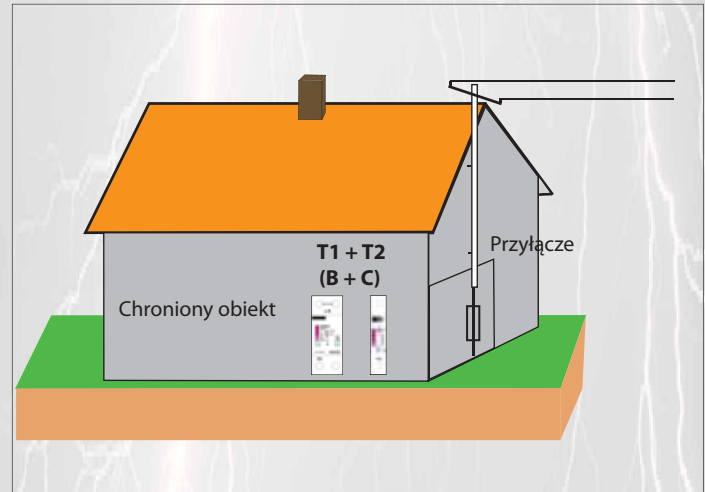
Rys. 1 Chroniony obiekt z zewnętrzną instalacją odgromową, zasilany linią kablową



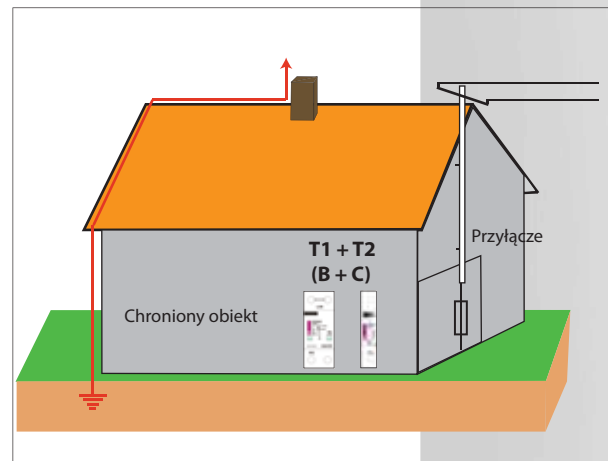
Rys. 2 Chroniony obiekt bez zewnętrznej instalacji odgromowej usytuowany w sąsiedztwie wysokiego obiektu (budynek, wieża itp.), zasilany linią kablową



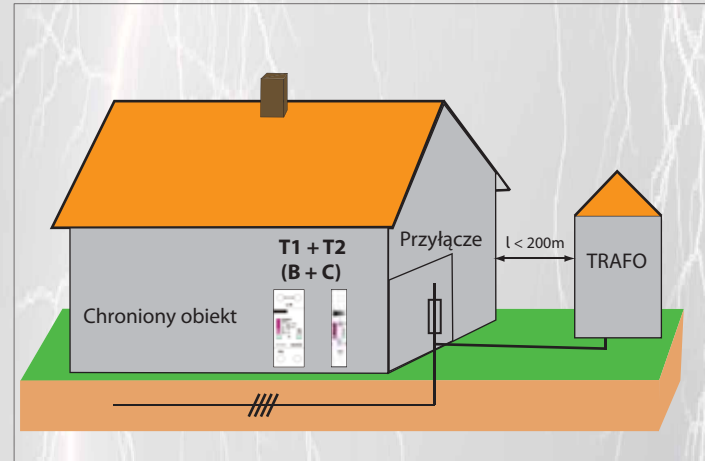
Rys. 3 Chroniony obiekt, w którym jako instalację odgromową wykorzystano konstrukcję stalową



Rys. 4 Chroniony obiekt bez zewnętrznej instalacji odgromowej, zasilany linią kablową



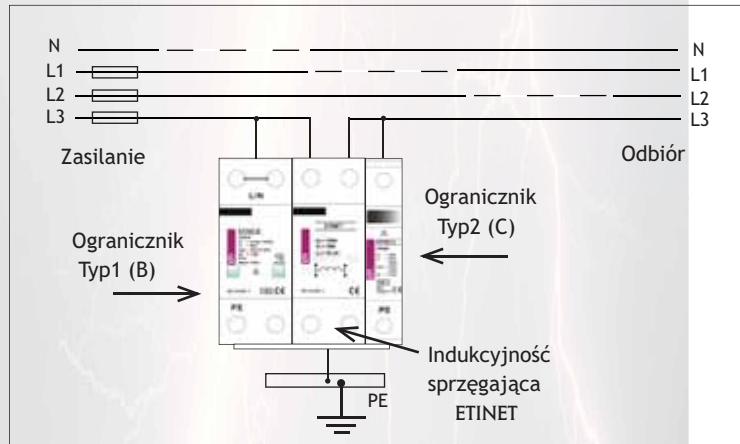
Rys. 5 Chroniony obiekt z zewnętrzną instalacją odgromową, zasilany linią napowietrzną



Rys. 6 Chroniony obiekt bez zewnętrznej instalacji odgromowej, zasilany linią kablową, usytuowany blisko punktu zasilania

## Ograniczniki przepięć ETITEC WENT dwustopniowe, zespolone Typ1 (B + C)

Przedstawiony wcześniej dwustopniowy system ochrony przeciwprzepięciowej z wykorzystaniem indukcyjności sprzęgających posiada bardzo dobre właściwości odprowadzania prądów udarowych wyładowania piorunowego. W zestawie ograniczników ETITEC B - ETINET - ETITEC C niezależnie od kształ-



Rys. 1 Dwustopniowy układ połączeń ograniczników ETITEC B (2m) - ETINET (2m) - ETITEC C (1m)

tów dochodzących udarów napięciowych, napięcie na jego wyjściu (odbiornie), równe poziomowi ochrony  $U_p$  jest niższe niż 1200 - 1400V. Taki poziom ochrony gwarantuje ochronę urządzeń zaliczanych do kategorii I wytrzymałości udarowej. Jednak stosowanie układów połączeń z indukcyjnościami sprzęgającymi napotyka na następujące utrudnienia:

- w układzie 3-fazowym TNC-S należy zarezerwować w rozdzielnicie miejsce na 20 (5m x 4) modułów ograniczników i cewek indukcyjnych, co znacznie zwiększa koszt instalacji elektrycznej
- coraz większa moc zainstalowanych urządzeń wymaga stosowania indukcyjności sprzęgającej o coraz większej obciążalności prądowej
- większa obciążalność prądowa indukcyjności sprzęgających oznacza zwiększenie wymiarów tych cewek

Tylko układy z cewkami o obciążalności prądowej 35A i 63A znalazły zastosowanie.

Ograniczniki przepięć ETITEC WENT dwustopniowe, zespolone Typ1+ Typ2 (B + C) bez cewek indukcyjnych sprzęgających - Rys. 1, 2 są przeznaczone do zapewnienia ochrony urządzeń pracujących w niewielkich obiektach, gdzie nie ma możliwości zachowania wymaganych odległości pomiędzy poszczególnymi typami ograniczników. Posiadają podobne właściwości jak dotychczasowe układy dwustopniowe ograniczników T1 i T2 z indukcyjnościami sprzęgającymi. Ograniczniki ETITEC WENT zostały skon-



Rys. 2 Dwustopniowy ogranicznik ETITEC WENT TNC-S RC (4+0)



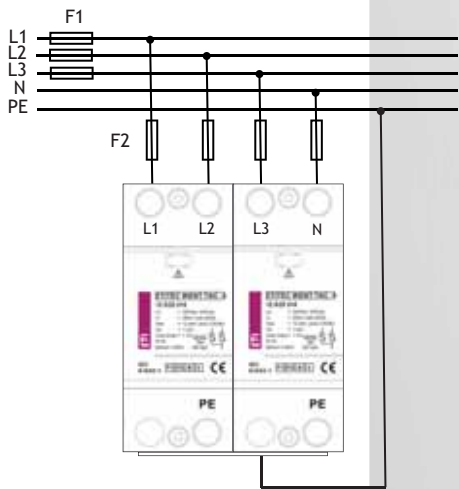
Rys. 3 Dwustopniowy ogranicznik ETITEC WENT TNC-S (4+0) (Nowa seria)

struowane jako aparaty trójfazowe i jednofazowe w czterech typach do układów sieci - TNC-S, TNC, TT i IT co znacznie ułatwia ich montaż. Ograniczniki te posiadają również optyczny wskaźnik uszkodzeń warystorów oraz wersja oznaczona RC (Rys. 2) posiada styki zewnętrzne sygnalizacji uszkodzenia warystorów. Szerokość modułów ograniczników ETITEC WENT 3-fazowych wynosi 4 moduły a ograniczników 1-fazowych - 2 moduły. Porównując powyżej opisany system ochrony dwustopniowej widać, że przy stosowaniu ograniczników przepięć ETITEC WENT można wykorzystać pięciokrotnie mniej miejsca w rozdzielnicie, co przekłada się na znacznie mniejszy koszt ochrony przeciwprzepięciowej. Sposób zabezpieczenia wstępnego ograniczników ETITEC WENT bezpiecznikami topikowymi jest identyczny jak wcześniej opisany dla ograniczników ETITEC B i ETITEC C tzn. jeżeli bezpieczniki F1 mają

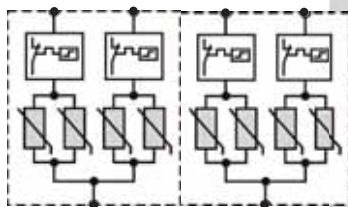
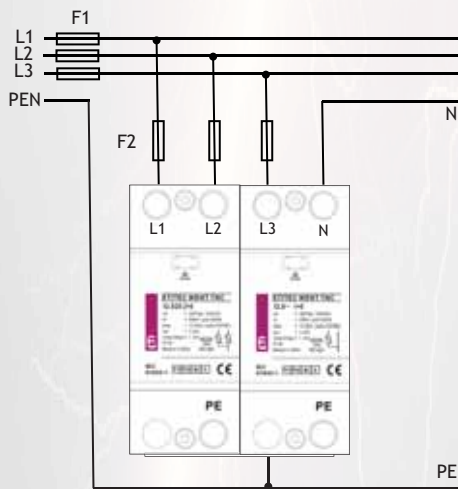


## Układy połączeń ograniczników ETITEC WENT (T1+T2) 3-fazowych

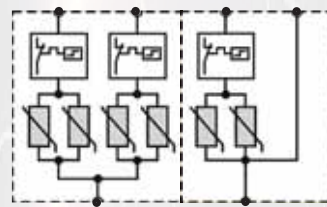
Rys. 1 W układzie sieci TN-S



Rys. 2 W układzie sieci TNC

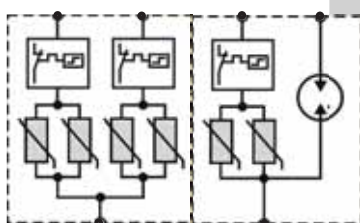
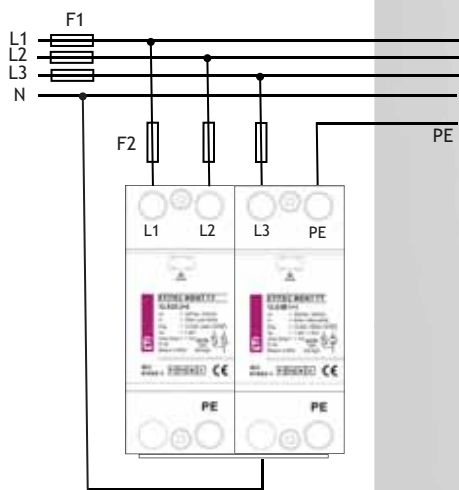


Rys. 3 Struktura wewnętrzna ETITEC WENT TN-S



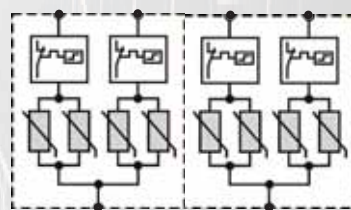
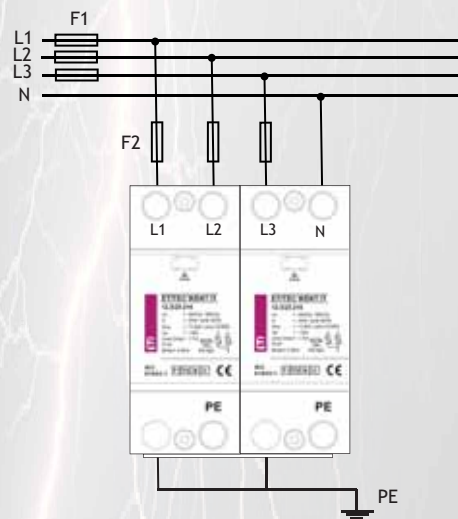
Rys. 4 Struktura wewnętrzna ETITEC WENT TNC

Rys. 5 W układzie sieci TT



Rys. 7 Struktura wewnętrzna ETITEC WENT TT

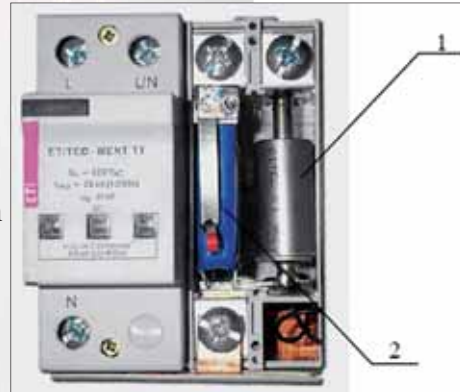
Rys. 6 W układzie sieci IT



Rys. 8 Struktura wewnętrzna ETITEC WENT IT

większy prąd znamionowy niż 125A, to należy zastosować zabezpieczenie ogranicznika ETITEC WENT bezpiecznikiem 125A gG. Ograniczniki ETITEC WENT posiadają wewnętrzną strukturę warystorową, natomiast ogranicznik przeznaczony do układu sieci TT, w biegunie zewnętrznym posiada zamknięty iskiernik sumujący - 1. Rys. 1 oddzielający przewód neutralny N od przewodu uziemiającego PE. Maksymalne prądy udarowe  $I_{imp}$  (10/350) przypadające na jedną fazę wynoszą 12,5 kA i 5 kA a ich poziom ochrony (napięcie zredukowane) jest mniejszy od 1,2 kV (przy  $I_{imp}$ ).

1. Iskiernik sumujący (rurka wyładowcza)
2. Element warystorowy z elementem termicznym



Rys. 1 Zespólny ogranicznik prądów ETITEC WENT TT

### Dwustopniowe, zespolone ograniczniki prądów jednomodułowe ETITEC B T1 + T2 (B + C)

Zespolone ograniczniki prądów ETITEC B są aparatami zapewniającymi dwustopniową ochronę (Typ1 i Typ2) instalacji urządzeń przed przepięciami i skutkami bezpośredniego uderzenia pioruna. Ograniczniki prądów ETITEC B jednomodułowe (275/8U, 275/12,5U, 440/8U, 440/12,5U) są wykonane w technologii warystorowej i nie wymagają stosowania cewek indukcyjnych. Nie posiadają wymiennej wkładki warystorowej. W celu zapewnienia kompleksowej ochrony w układach sieci wieloprzewodowych należy stosować kilka ograniczników prądów.

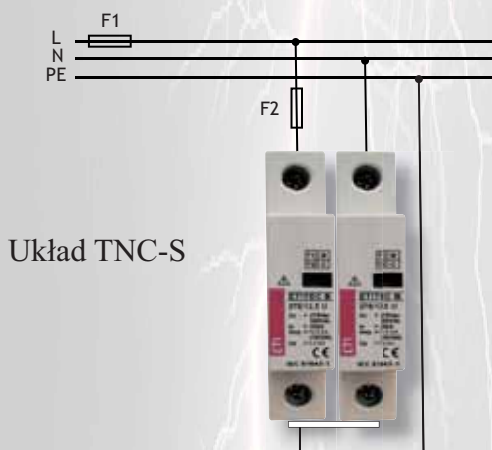


Rys. 2 Ogranicznik prądów ETITEC B 275/...U

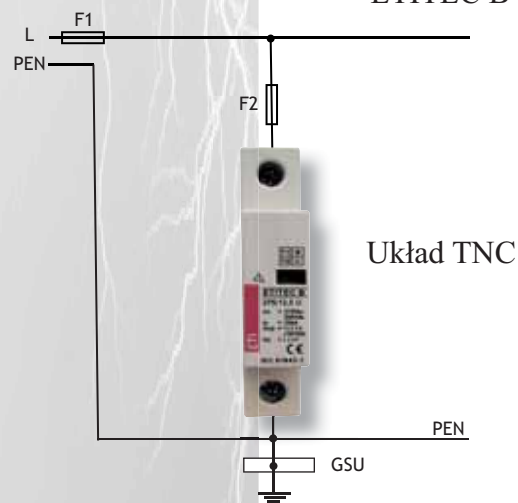
Przykład zamówienia:

- Dla sieci TNC 1faz - ETITEC B 275 lub 440/12,5 lub 8 U - 1szt.
- Dla sieci TNS 1faz - ETITEC B 275 lub 440/12,5 lub 8 U - 2szt
- Da sieci TNC 3faz - ETITEC B 275 lub 440/12,5 lub 8 U - 3szt
- Dla sieci TNS 3faz - ETITEC B 275 lub 440/12,5 lub 8 U - 4szt

Ograniczniki zespolone ETITEC B 275 i 440 powinny być zabezpieczone bezpiecznikiem topikowym F2-160A/gG, ale wtedy tylko gdy zabezpieczenie wstępne F1 (np. w złączu) zawiera bezpieczniki o prądzie znamionowym większym lub równym 160A/gG.



Rys. 3 Układ połączeń ogranicznika prądów ETITEC B 275/...U



Rys. 4 Układ połączeń ogranicznika prądów ETITEC B 275/...U

## Miejsca instalacji ograniczników przepięć

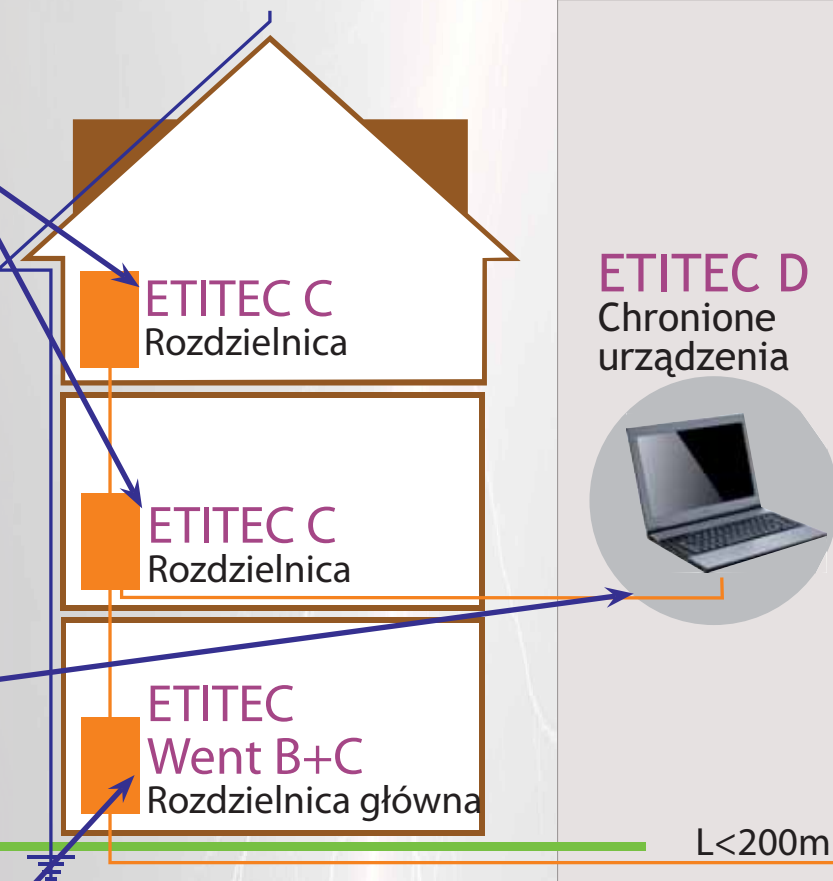
- Budynki wielokondygnacyjne - mieszkalne, biurowe



ETITEC C 275/20  
 ETITEC C 275/20 4p  
 ETITEC C 275/20U  
 ETITEC C 275/5  
 ETITEC C 275/5 4p  
 ETITEC C 255/20 G



ETITEC D 275/3  
 ETITEC D 275/3 RC



W celu prawidłowego doboru ograniczników należy wziąć pod uwagę ilość faz instalacji elektrycznej, układ sieci, ilość przewodów, odległości pomiędzy rozdzielnicami, długość linii zasilającej itp. W przypadku, gdy obiekt nie posiada zewnętrznej instalacji odgromowej i jest zasilany linią kablową o długości większej niż 200 m zaleca się zastosować w rozdzielnicy głównej zamiast ogranicznika ETITEC WENT lub ETITEC B, również ogranicznik Typ2 - ETITEC C. Ogranicznik ETITEC D należy stosować tylko do ochrony odbiorników czułych.

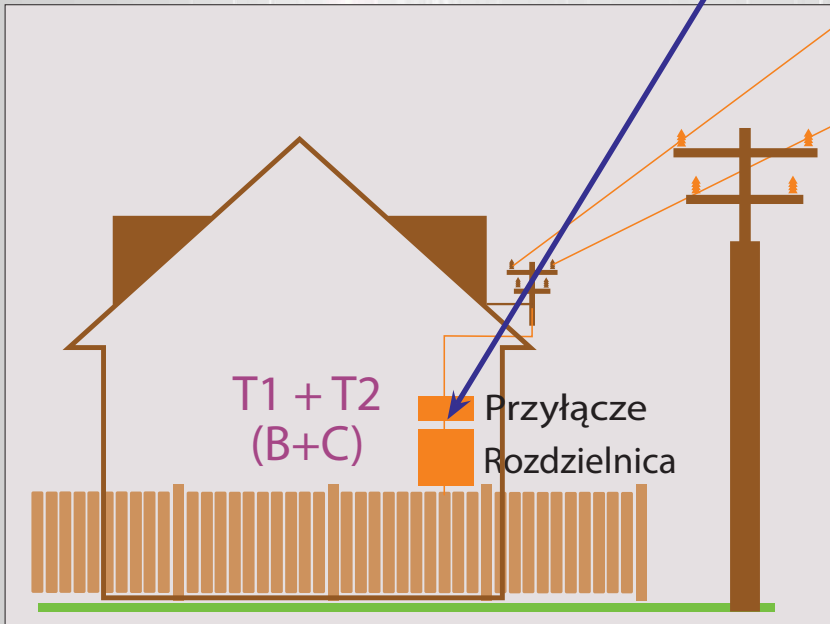
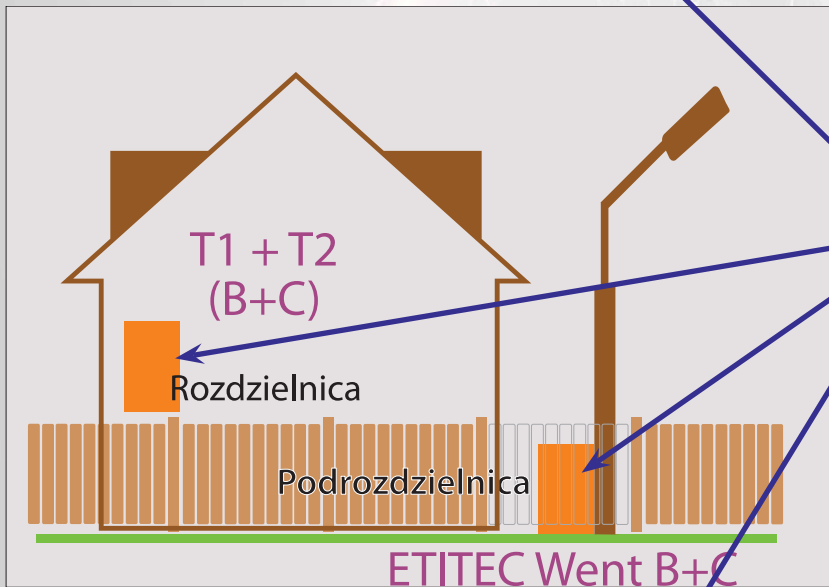
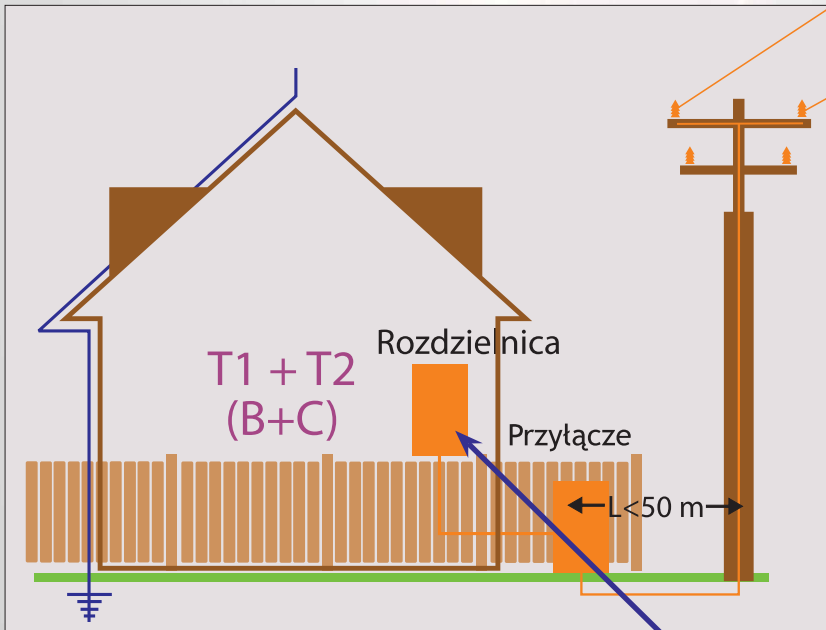
- ETITEC WENT TNC-S 12,5/50
- ETITEC WENT TNC-S 5/20
- ETITEC WENT TNC 12,5/37,5
- ETITEC WENT TT 12,5/50
- ETITEC WENT TT 5/20
- ETITEC WENT IT 12,5/50
- ETITEC WENT IT 5/20

- ETITEC B 275/12,5 U
- ETITEC B 275/8 U



## Miejsca instalacji ograniczników przepięć

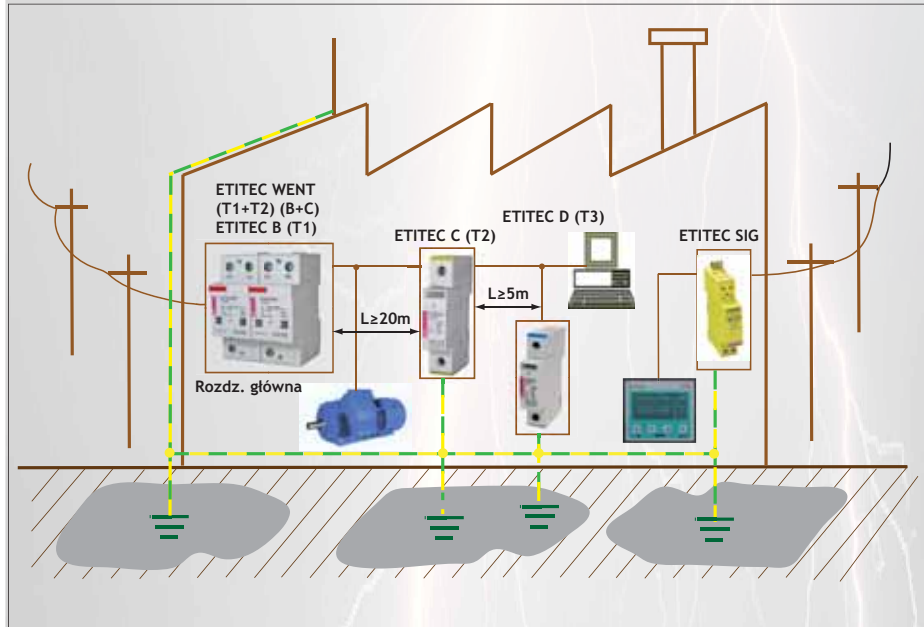
- Budynki jednorodzinne



- ETITEC WENT TNC-S 12,5/50
- ETITEC WENT TNCS 5/20
- ETITEC WENT TNC 12,5/37,5
- ETITEC WENT TT 12,5/50
- ETITEC WENT TT 5/20
- ETITEC WENT IT 12,5/50
- ETITEC WENT IT 5/20
- ETITEC B 275/12,5 U
- ETITEC B 275/8 U

## Miejsca instalacji ograniczników przepięć

- Budynki przemysłowe



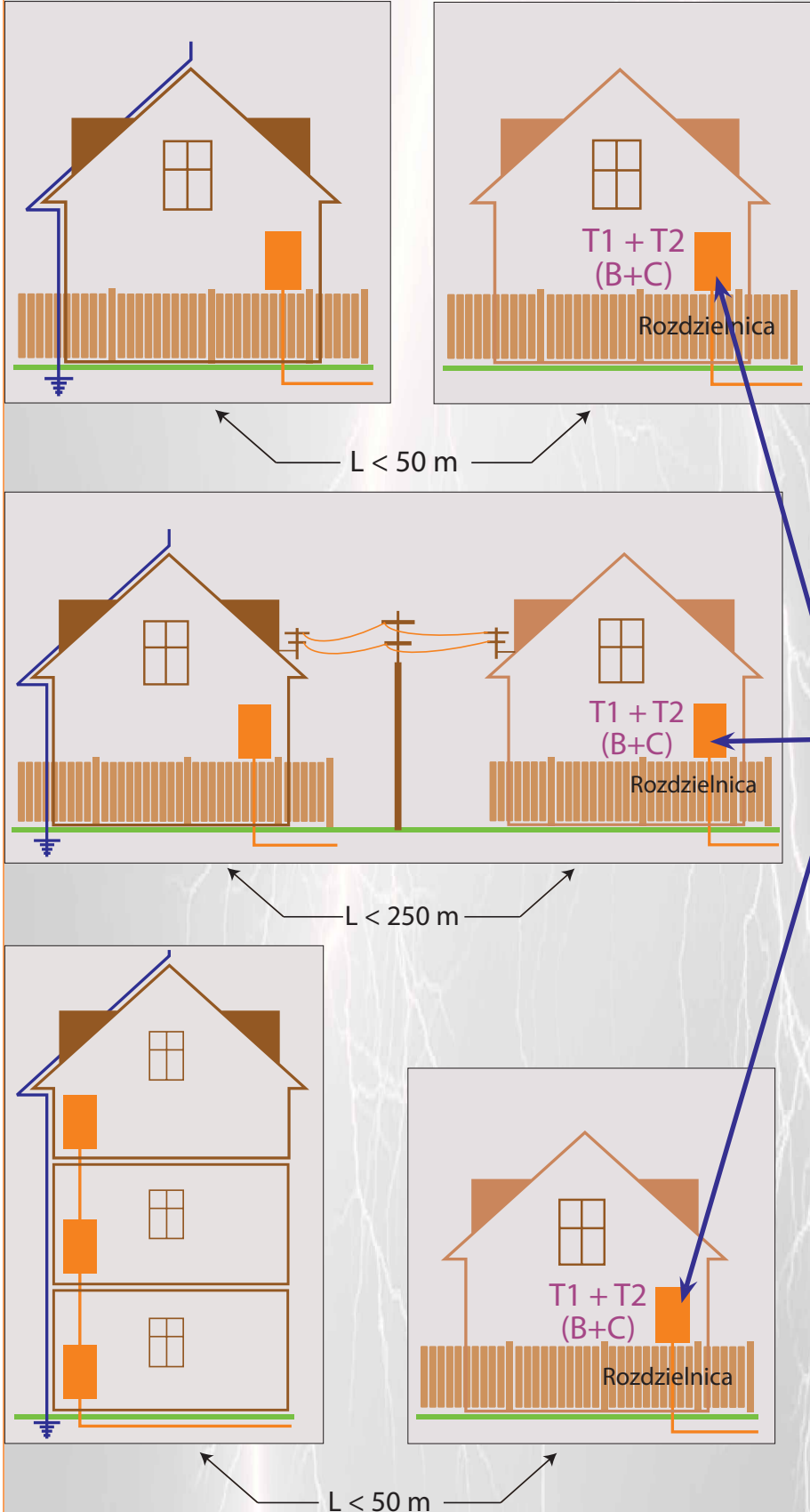
Budynek przemysłowy wyposażony w zewnętrzną instalacji odgromową i zasilany linią napowietrzną. Zalecane zastosowanie w rozdzielnicach głównych ograniczników T1 + T2 ETITEC WENT lub ETITEC B (T1+T2) - wykaz obok. W przypadku, gdy obiekt nie posiada zewnętrznej instalacji odgromowej i jest zasilany linią kablową o długości większej niż 200 m zaleca się zastosować w rozdzielnicach głównych zamiast ograniczników T1+T2 ograniczniki ETITEC B (T1). Należy pamiętać, aby w tym przypadku odległość do najbliższego ogranicznika ETITEC C (T2) - rozdzielnic oddziałowej (piętrowej) nie była mniejsza niż 10m. Ograniczniki ETITEC D należy stosować tylko do ochrony odbiorników czułych (informatycznych, medycznych itp). Do ochrony aparatury kontrolno pomiarowej należy użyć ograniczników ETITEC SIG (yellow line) oraz ograniczników COAXIAL/RF.

ETITEC WENT TNC-S 12,5/50  
 ETITEC WENT TNCS 5/20  
 ETITEC WENT TNC 12,5/37,5  
 ETITEC WENT TT 12,5/50  
 ETITEC WENT TT 5/20  
 ETITEC WENT IT 12,5/50  
 ETITEC WENT IT 5/20  
 ETITEC B 275/12,5 U  
 ETITEC B 275/8 U  
 ETITEC B 275/25  
 ETITEC B 275/15

### Miejsca instalacji ograniczników przepięć

Budynek położony w bliskiej odległości ( $L < 50\text{m}$ ) od budynku wyposażonego w zewnętrzną instalację odgromową lub od budynku wysokiego ( $H > 20\text{m}$ ).  
 Budynek położony w bliskiej odległości ( $L < 250\text{m}$ ) od budynku wyposażonego w zewnętrzną instalację odgromową i zasilane linią napowietrzną.  
 Zalecane zastosowanie w rozdzielnicach głównych ograniczników T1 + T2 ETITEC WENT lub ETITEC B (T1 + T2)

- Budynki sąsiednie

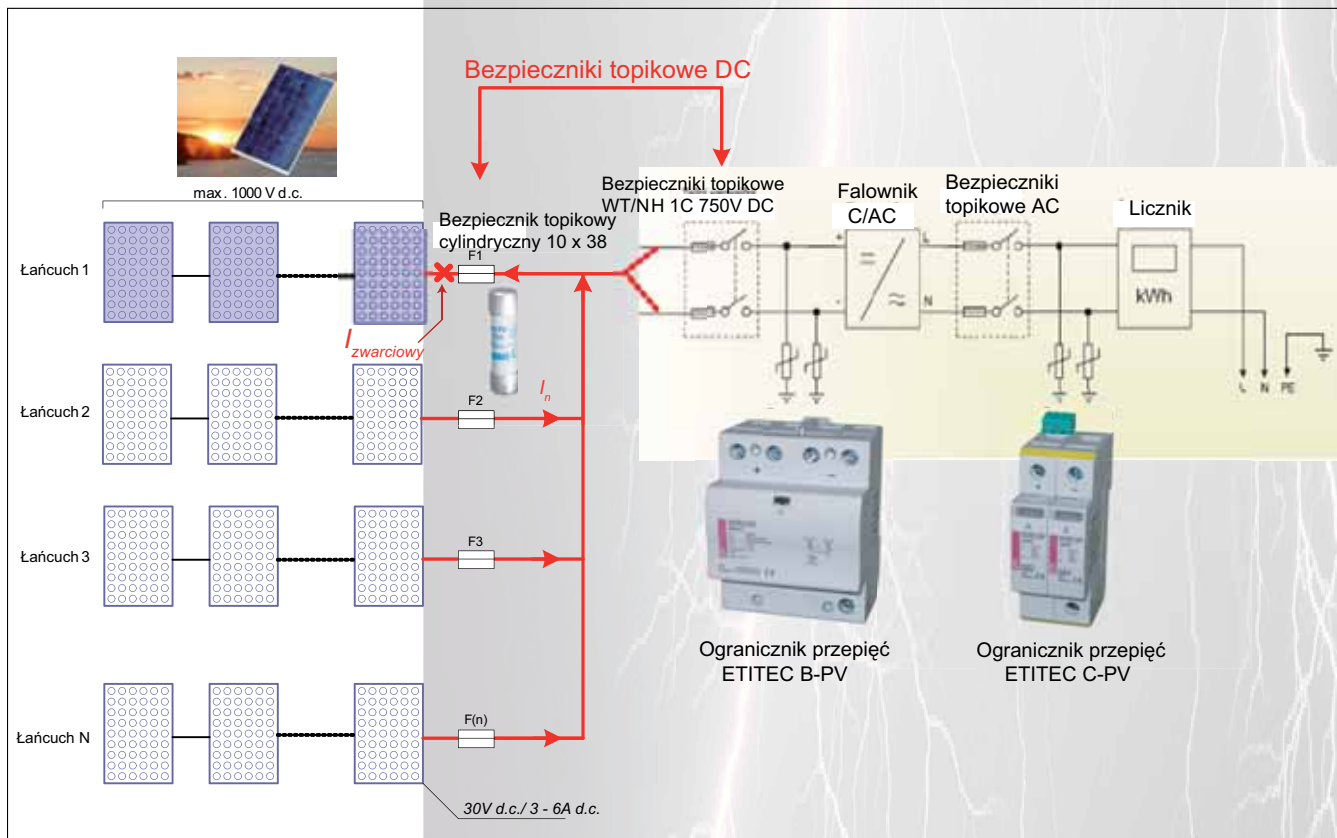


- ETITEC WENT TNC-S 12,5/50
- ETITEC WENT TNCS 5/20
- ETITEC WENT TNC 12,5/37,5
- ETITEC WENT TT 12,5/50
- ETITEC WENT TT 12,5/50
- ETITEC WENT IT 12,5/50
- ETITEC WENT IT 5/20
- ETITEC B 275/12,5 U
- ETITEC B 275/8 U



## Ochrona przeciwprzebieciowa systemów fotowoltaicznych (PV)

Fotowoltaica - pozyskiwanie energii elektrycznej z energii słonecznej - jest jedną z najbardziej rozwijających się dziedzin, szczególnie w okresie kiedy zapasy surowców energetycznych zmniejszają się, a stan środowiska naturalnego jest coraz gorszy. Instalacje fotowoltaiczne zawierają zazwyczaj urządzenia i aparaty o niskiej wytrzymałości przebieciowej i odporności na prądy udarowe. Panele PV umieszczone na zewnątrz obiektu – najczęściej dachu narażone są na przebiecia spowodowane bezpośrednim wyładowaniem atmosferycznym, przebiecia łączeniowe wnikanie prądu piorunowego do wnętrza budynku. W zależności od ich położenia, panele PV powinny być chronione przed bezpośrednim wyładowaniem atmosferycznym za pomocą zewnętrznej instalacji odgromowej (LPS). Ochronę instalacji fotowoltaicznej PV przed przebieciami zapewniają ograniczniki przebiec ETITEC B-PV oraz ETITEC C-PV ( Rys.1,2 i 3,4 Str. 57). Przy pozyskiwaniu energii elektrycznej z energii słonecznej używa się półprzewodnikowych (monokrystalicznych lub polikrystalicznych) krzemowych ogniw słonecznych, które generują energię elektryczną kiedy są oświetlane słońcem. Ogniwa słoneczne wielkości ok. 12,5x12,5 cm generują w przybliżeniu napięcie 0,6 V i największy prąd do 3,5 A. Aby osiągnąć wyższe napięcie, (w praktyce używane 400V) ogniwa słoneczne łączone są szeregowo, a dla osiągnięcia wyższego prądu należy połączyć je równolegle – takie zestawy nazywamy modułami PV, które są już zmontowane przez producenta. Moduły połączone elektrycznie mogą osiągnąć powierzchnię od 1,5 do 2,5 m<sup>2</sup>. Taki moduł PV generuje napięcie stałe DC od 30V - 60V. Na elektrycznym schemacie (Rys.2), pokazano, zestaw połączonych łańcuchów paneli PV, przez co można uzyskać napięcie wyjściowe od 500V do 700V DC. To napięcie nie jest ciągle jednakowe i nie jest tak duże w przypadku, kiedy promienie słoneczne nie oświetlają panela baterii PV.



Rys. 1 Schemat elektryczny systemu fotowoltaicznego PV z miejscem zamontowania ograniczników ETITEC B-PV i ETITEC C-PV

Każdy panel PV generuje także prąd wyjściowy w wysokości od 4A do 7A, w zależności od typu modułu PV. Aby osiągnąć wyższe prądy a tym samym moc zestawu łączy się moduły PV równolegle. Otrzymane w ten sposób panele dają wtedy prąd wyjściowy w granicach od 250A do 300A. Ten prąd zasila przekształtnik (falownik), który jest urządzeniem energoelektronicznym, i przetwarza prąd stały DC w prąd przemienny AC wykorzystywany do zasilania konkretnych urządzeń lub ogólnej sieci elektroenergetycznej.

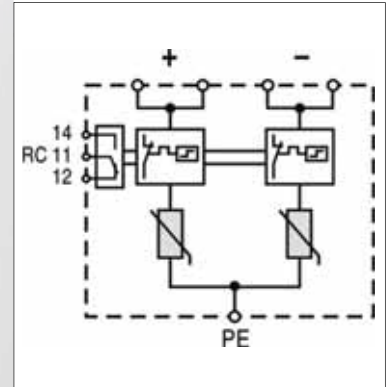
## ETITEC B-PV (T1+T2)



Rys. 1 Ogranicznika przepięć ETITEC B-PV 550/12,5 (10/350)



Rys. 2 Ogranicznika przepięć ETITEC B-PV 1000/12,5 (10/350)

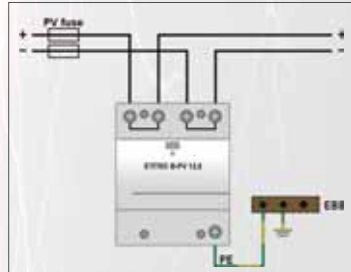


Rys. 3 Układ wewnętrzny ogranicznika przepięć ETITEC B-PV

Ograniczniki przepięć do ochrony systemów fotowoltaicznych (PV) ETITEC B-PV wykonane są jako zespolone Typ1 i T2 ( B+C). Ich znamionowy prąd impulsowy -  $I_{imp} = 12,5$  kA na 1 biegun a prąd impulsowy maksymalny  $I_{max} = 40$  kA. Seria oznaczona RC posiada styki zewnętrzne sygnalizacji uszkodzenia elementu warystorowego.

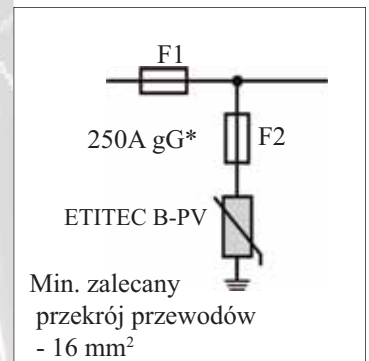


Układ połączeń T ogranicznika B-PV



Układ połączeń V ogranicznika B-PV

Dobezpieczanie ogranicznika PV bezpiecznikiem topikowym



\* F2 jest wymagany jeśli  $F1 > 250A$

### ETITEC B-PV

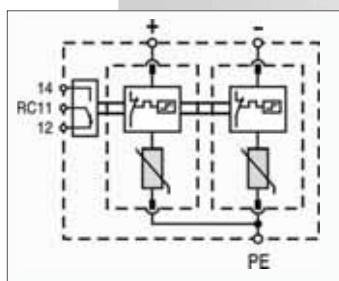
Typ	Nr kodowy	$U_c$ [V DC]	$I_{imp}$ [kA]	Waga [g]	Pakowanie [szt.]
ETITEC B-PV 550/12,5 (10/350)	002445202	550	12,5	300	1/3
ETITEC B-PV 1000/12,5 (10/350)	002445203	1000		350	
ETITEC B-PV 550/12,5 (10/350) RC	002445204	550		310	
ETITEC B-PV 1000/12,5 (10/350)RC	002445205	1000		360	

RC - Styki sygnalizacji zewnętrznej

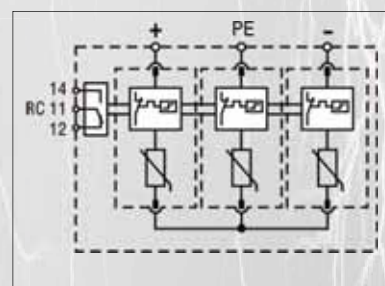
Dane techniczne		
Typ	ETITEC B-PV xxxx/12,5 (10/350)	
	550 V	1000 V
Normy	PN-IEC-61643-1	
Największe napięcie trwałej pracy $U_c$ (DC)	550 V	1000V
Znamionowy prąd wyładowczy $I_n$ (8/20)	20 kA	20 kA
Największy prąd wyładowczy $I_{max}$ (8/20)	40 kA	40 kA
Prąd udarowy $I_{imp}$ (10/350)	12,5 kA	12,5 kA
Energia właściwa	39 kJ/Ω	39 kJ/Ω
Ładunek	6,25 As	6,25 As
Poziom ochrony $U_p$ przy $I_n$ (8/20)	< 2,0 kV	< 2,6 kV
Poziom ochrony $U_p$ przy $I_{imp}$ (10/350)	< 1,7 kV	< 2,4 kV
Prąd następczy $I_r$	Nie ma	
Czas zadziałania $t_A$	< 25 ns	
Prąd upływu przy $U_c$	< 2,5 mA	
Zabezpieczenie termiczne	Tak	
Maks. dopuszczalne dobezpieczenie (jesli F1 > 250A)	250 A gG	
Maks. dopuszczalny prąd zwarciový	25 kA/ 50 Hz	
Temperatura pracy	- 40°C ... +80°C	
Przekrój zacisków przyłączeniowych	35 mm <sup>2</sup> (druć)/25 mm <sup>2</sup> (linka)	
Moment dociskowy śrub zacisków	Max. 4,5 Nm	
Montaż	Na szynie TH35 (35 mm)	
stopień ochrony	IP20	
Tworzywo obudowy	Termoplastic, samogasnący wg UI 94 V-0	
Szerokość	4 moduły	
Zewn. styki sygnalizacji uszkodzenia – ...RC		
prąd znamionowy	AC 250V/0,5A; 125V/3A	
Przekrój zacisków przyłączeniowych	Max. 1,5 mm <sup>2</sup>	
Moment dociskowy śrub zacisków	0,25 Nm	
Gabaryty	108mm x 79mm x 76mm	

### ETITEC C-PV (T1+T2)

Ograniczniki przepięć do ochrony systemów fotowoltaicznych (PV) ETITEC C-PV wykonane są jako T2 (C). Ich prąd znamionowy -  $I_n = 20$  kA (8/20) na 1 biegun a prąd maksymalny  $I_{max} = 40$  kA (8/20) na biegun. Seria oznaczona RC posiada styki zewnętrzne sygnalizacji uszkodzenia elementu warystorowego. Zasada dobezpieczania ogranicznika ETITEC C-PV bezpiecznikiem topikowym jest taka sama jak przy ograniczniku ETITEC B-PV (Str. 57).



Rys. 4 Układ wewnętrzny ogranicznika przepięć ETITEC C-PV

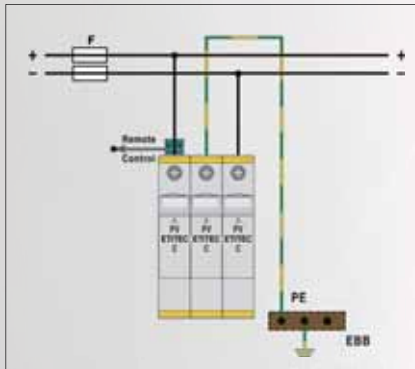


Rys. 5 Układ wewnętrzny ogranicznika przepięć ETITEC C-PV

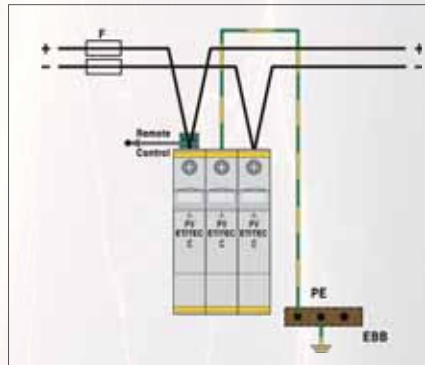
Rys. 1 Ogranicznik przepięć ETITEC C-PV 100, 550/20 (8/20)

Rys. 2 Ogranicznik przepięć ETITEC C-PV 1000/20 (10/350)





Układ połączeń T ogranicznika C-PV

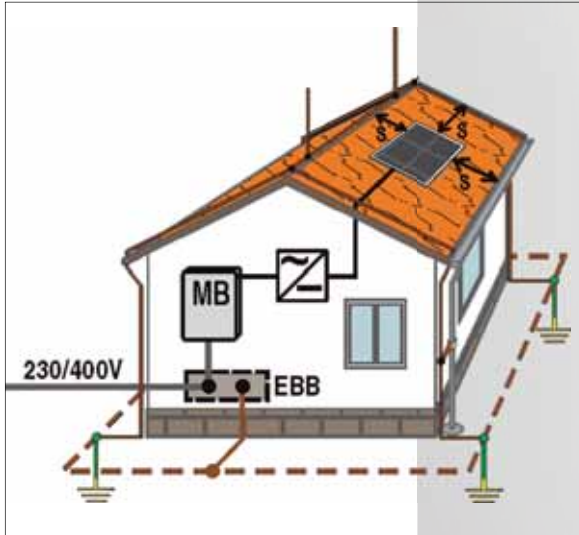


Układ połączeń V ogranicznika C-PV

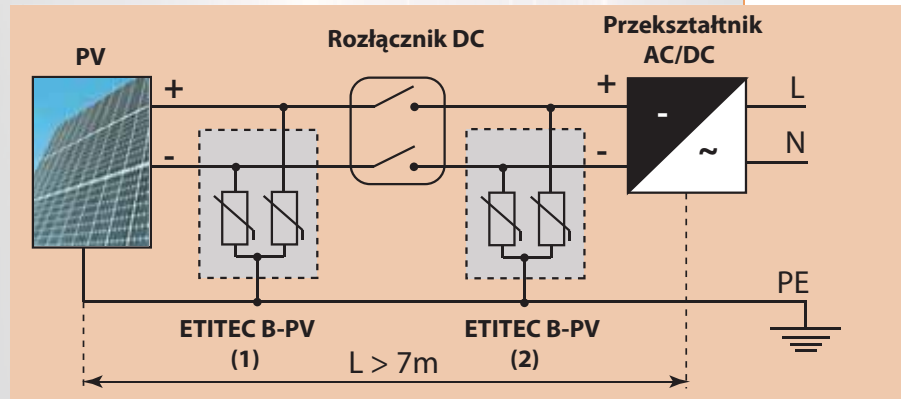
Dane techniczne			
Typ	ETITEC C-PV xxxx/20 (8/20)		
	100 V	550 V	1000V
Normy	IEC-61643-1		
Największe napięcie trwałej pracy $U_c$ (DC)	100 V	550V	1000V
Znamionowy prąd wyładowczy $I_n$ (8/20)	20 kA	20 kA	20 kA
Największy prąd wyładowczy $I_{max}$ (8/20)	40 kA	40 kA	40 kA
Prąd udarowy $I_{imp}$ (10/350)	-	-	-
Energia właściwa	-	-	-
Ładunek	-	-	-
Poziom ochrony $U_p$ przy $I_n$ (8/20)	< 0,7 kV	< 2,1 kV	< 4,0 kV
Poziom ochrony $U_p$ przy $I_{imp}$ (10/350)	-	-	-
Prąd następczy $I_r$	Nie ma		
Czas zadziałania $t_A$	< 25 ns		
Prąd upływu przy $U_c$	< 1,5 mA		
Zabezpieczenie termiczne	Tak		
Maks. dopuszczalne dobezpieczenie (jesli $F1 > 125A$ )	125 A gG		
Maks. dopuszczalny prąd zwarciovowy	25 kA/ 50 Hz		
Temperatura pracy	- 40°C ... +80°C		
Przekrój zacisków przyłączeniowych	35 mm <sup>2</sup> (drut)/25 mm <sup>2</sup> (linka)		
Moment dociskowy śrub zacisków	Max. 4,5 Nm		
Montaż	Szyna TH35		
stopień ochrony	IP20		
Tworzywo obudowy	Termoplastyczne, samogasnace wg UI 94 V-0		
Szerokość	2 mod.	2 mod.	3 mod.
Zewn. styki sygnalizacji uszkodzenia – ...RC			
Prąd znamionowy	AC 250V/0,5A; 125V/3A		
Przekrój zacisków przyłączeniowych	Max. 1,5 mm <sup>2</sup>		
Moment dociskowy śrub zacisków	0,25 Nm		
Gabaryty	108mm x 79mm x 76mm		108 mm x 79 mm x 76 mm

Zasada stosowania ograniczników B-PV (T1+T2) w instalacji fotowoltaicznej na budynku wyposażonym w zewnętrzną instalację odgromową (LPS).

W przypadku, gdy długość instalacji od paneli PV do przekształtnika AC/DC przekracza  $L > 7\text{m}$  należy zastosować w tej części 2 ograniczniki ETITEC B-PV - (1) i (2) - Rys. 1. Gdy odległość  $L \leq 7\text{m}$ , stosowanie ogranicznika (2) jest zbyteczne.



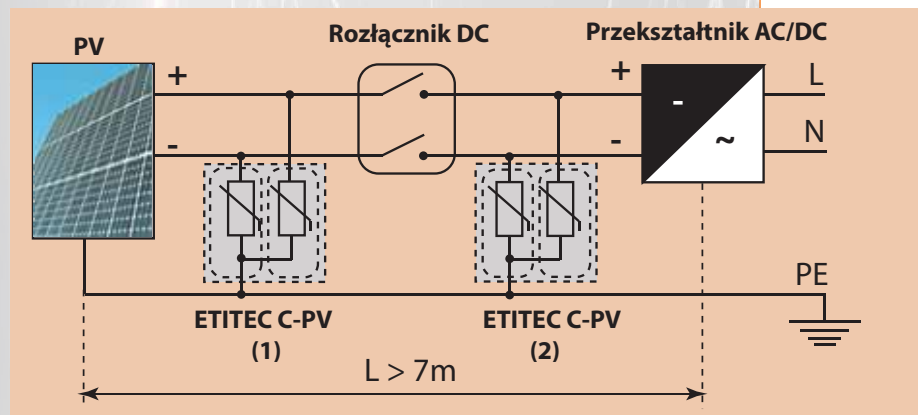
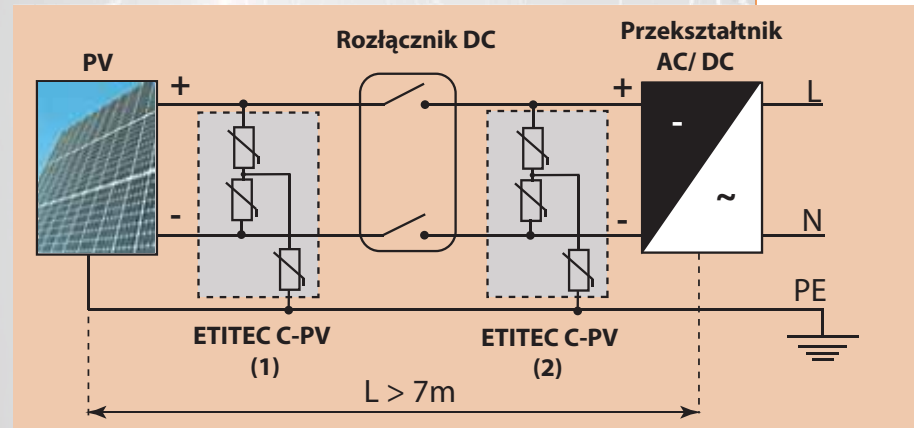
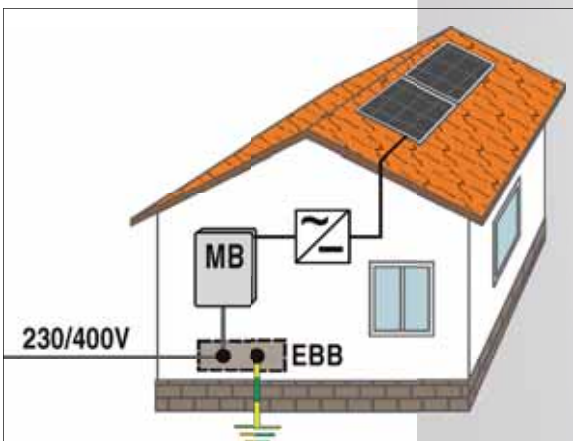
Rys. 1



Zasada stosowania ograniczników C-PV (T2) w instalacji fotowoltaicznej na budynku bez zewnętrznej instalacji odgromowej (LPS).

W przypadku, gdy długość instalacji od paneli PV do przekształtnika AC/DC przekracza  $L > 7\text{m}$  należy zastosować w tej części 2 ograniczniki ETITEC C-PV - (1) i (2) - Rys. 2. Gdy odległość  $L \leq 7\text{m}$ , stosowanie ogranicznika (2) jest zbyteczne.

Rys. 2



## Ochrona przeciwprzebieciowa w liniach przesyłu sygnałów ( automatyki, kontroli telekomunikacji i pomiarów )

Ochrona przeciwprzebieciowa w systemach przesyłu sygnałów - automatyki przemysłowej, aparatury kontrolno - pomiarowej, telekomunikacji, przesyłu danych itp. powinna być oparta podobnie jak w przypadku instalacji zasilających na strefowej koncepcji ochrony odgromowej. Prawidłowa ochrona przeciwprzebieciowa występuje tylko wówczas, gdy na granicy stref ochronnych wszystkie przewody zasilające, sygnałowe i przesyłu danych połączone są z systemem wyrównywania potencjałów - główną szyną wyrównawczą. Urządzenia ochronne muszą być odpowiednio dobrane do rodzaju i poziomu sygnału danych oraz spodziewanego poziomu zakłóceń. W urządzeniach ochronnych systemów przesyłu sygnałów stosowane są różne kombinacje elementów ochronnych, których funkcje i właściwości wzajemnie się uzupełniają. Nie można bowiem osiągnąć poprzez jeden element- ogranicznik przepięć krótkiego czasu reakcji -  $t_A$ , wysokiej obciążalności prądem wyładowczym -  $I_n$ , niskiego poziomu ochrony -  $U_p$ . W praktyce stosuje się trzy podstawowe elementy :

- iskierniki gazowane
- warystory
- diody tłumiące

Wszystkie te elementy- ograniczniki przepięć, mają cechę charakterystyczną wykorzystywaną do ochrony przeciwprzebieciowej - zmianę własnej impedancji w szerokich granicach w zależności od wartości panującego na nich napięcia. Impedancja elementów ochronnych w czasie normalnej pracy przy napięciu znamionowym jest bardzo duża i gwałtownie zmniejsza się pod wpływem przepięcia. Po zaniku przepięcia impedancja ogranicznika przepięć w bardzo krótkim czasie powraca do wartości pierwotnej, jeżeli nie zostanie uszkodzony przez przepięcie powodujące przepływ prądu wyładowczego przekraczającego wartość znamionową maksymalną.



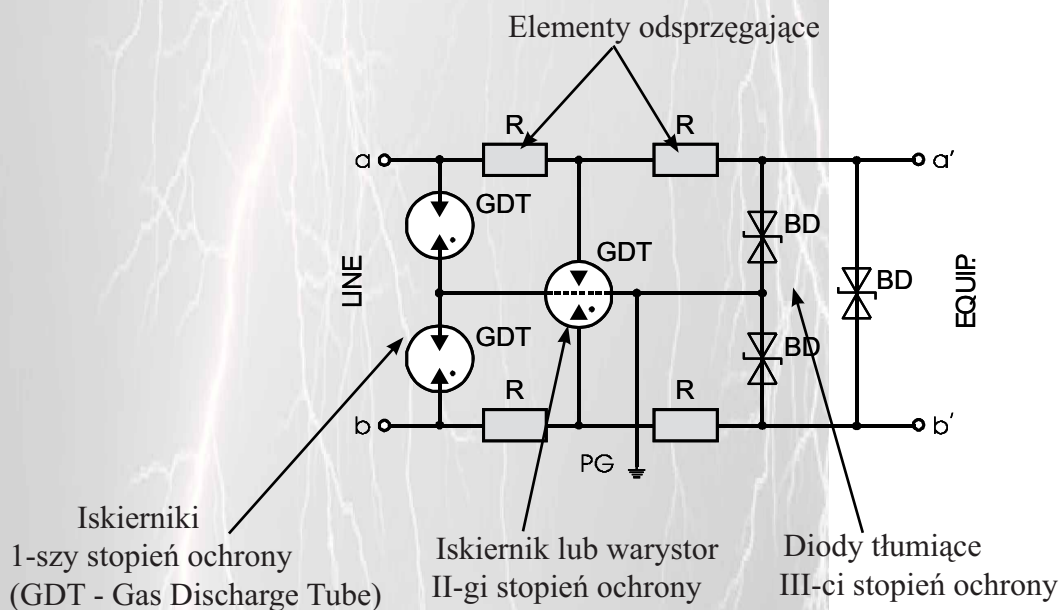
Rys. 1 Ograniczniki przepięć ETITEC SIG



Rys. 2 Ograniczniki przepięć ETITEC COAX

### Układy ochronne wielostopniowe

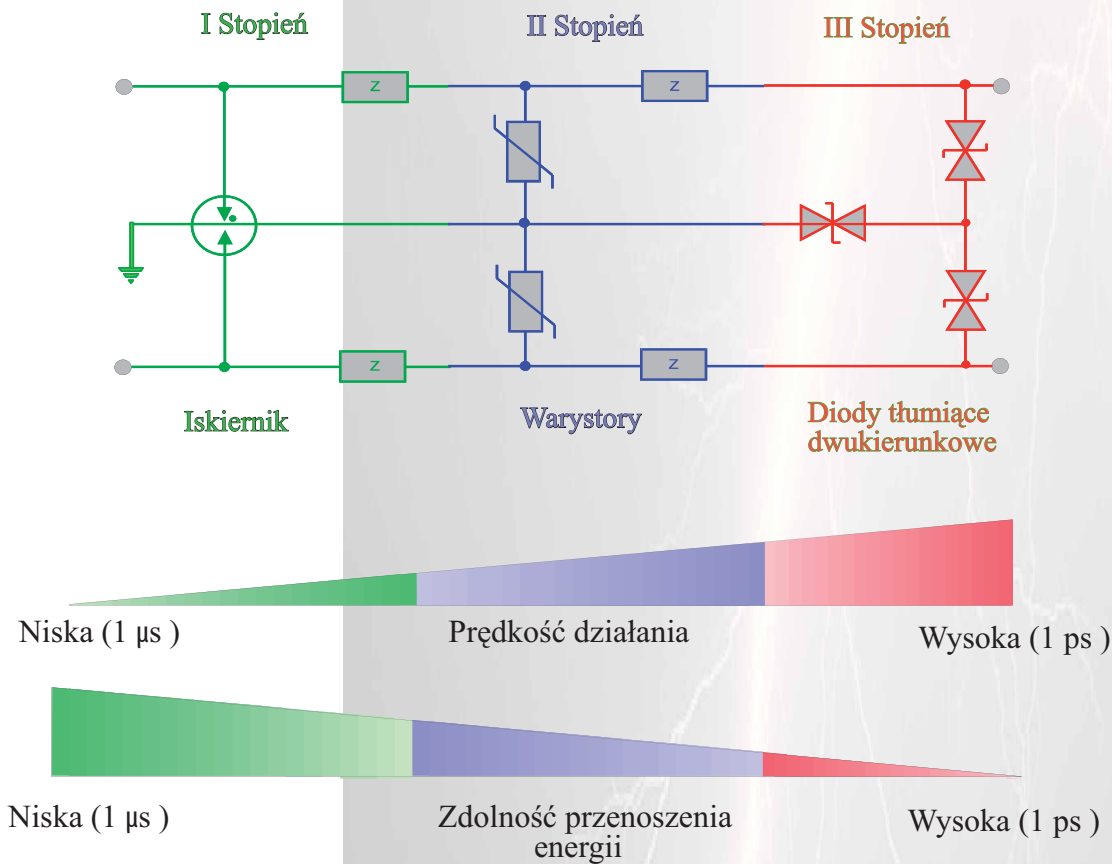
Układy ochronne wielostopniowej są stosowane w liniach przesyłu sygnałów, wtedy gdy zastosowanie pojedynczych elementów ochronnych nie zapewnia skutecznej ochrony przed przepięciem lub nie ogranicza przepięć do wymaganego poziomu ochrony. Typowe wielostopniowe układy ochronne złożone są z elementów zabezpieczających (Rys. 3) połączonych elementami odsprzęgającymi - rezystancje, indukcyjności, pojemności, filtry itp.



Rys. 3 Typowy układ ochronny linii przesyłu sygnałów, wielostopniowy z wykorzystaniem iskierników lub warystorów i diod tłumiących



Rys. 1 Układ wielostopniowy - cechy charakterystyczne poszczególnych stopni ochrony



Na powyższym rysunku przedstawiono typowy układ ochronny linii przesyłu sygnałów, wielostopniowy z wykorzystaniem iskierników lub warystorów i diod tłumiących wraz z zaznaczeniem prędkości działania poszczególnych stopni układu oraz ich zdolności przenoszenia energii prądu wyładowczego.

Układy wielostopniowe ograniczników złożone z odgromnika gazowanego ( ) i diody lub odgromnika gazowanego i warystora zapewniają właściwą ochronę urządzeń których odporność udarowa nie przekracza zazwyczaj 1000V. Systemy chronione przez te ograniczniki to :

- linie przesyłu sygnałów i pomiarów
- linie telekomunikacyjne - XDSL, ADSL - cyfrowe i analogowe
- zasilacze prądu stałego -DC
- protokoły danych - sterowniki PLC
- sieci komputerowe
- linii sygnałowych ekranowanych -Video, TV-SAT

Dla prawidłowego doboru ograniczników serii yellow-line należy wziąć pod uwagę następujące podstawowe parametry zabezpieczanego urządzenia:

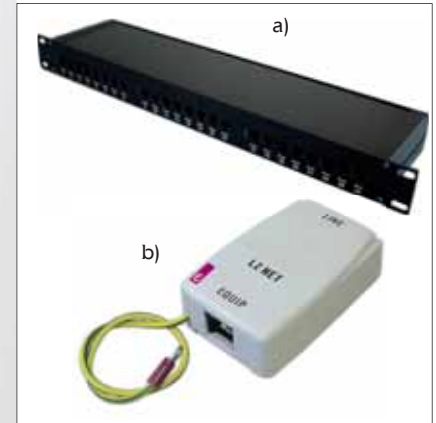
- prąd (A)
- napięcie (V)
- rodzaj transmisji sygnału - symetryczny lub niesymetryczny
- częstotliwość



Rys.1 Ograniczniki przepięć  
ETITEC SIG EM- TD  
ETITEC SIG EMH-TC  
ETITEC SIG EMS-TC



Rys.2 Ogranicznik przepięć  
ETITEC COAX



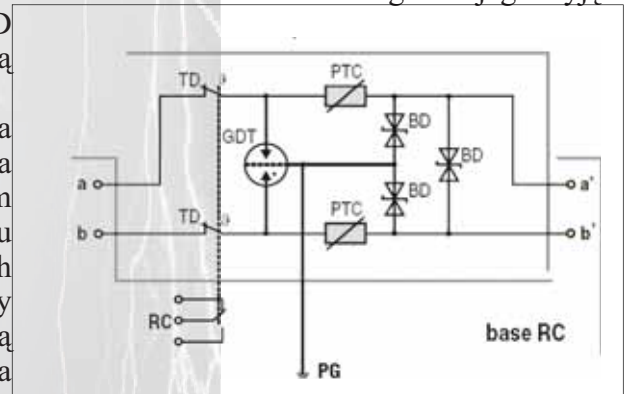
Rys.3 Ograniczniki przepięć  
a) ETITEC 24 NET 19  
b) ETITEC LZ NET

Ograniczniki przepięć ETITEC SIG (Rys.1) do ochrony sieci przesyłu danych posiadają następujące parametry: - napięcia znamionowe  $U_n$  - 5V, 12V, 15V, 24V, 30V, 48V, 60V, 110V, 120V, 230V  
- prądy znamionowe wyładowcze  $I_n$  (8/20) - 60A, 100A, 300A, 5kA, 10kA, 20kA  
- częstotliwości graniczne  $f_g$  - od 0,6 MHz do 2600 MHz  
- zakres temperatury pracy -  $t_d$  - 40°C do 80°C

Wykonane są jako aparaty modułowe na szynę TH35 i składają się z podstawy (w której może być zamontowany iskiernik gazowany) oraz wymiennego modułu ochronnego. Ograniczniki te zabezpieczają urządzenia, których sygnał przesyłany jest za pomocą takich przewodów jak: skrętka ekranowana i nieekranowana lub innych gdzie przekrój przewodów nie przekracza 6 mm<sup>2</sup>. Ograniczniki ETITEC SIG posiadają optyczną oraz stykową (opcja) sygnalizację uszkodzenia modułu ochronnego lub jego wyjęcia z podstawy. Moduły ochrony przepięciowej EM-TD realizują ochronę zgrubną oraz dokładną. Posiadają także wzdużne zabezpieczenie przetężeniowe - TD

(Rys. 4) odłączające linie w przypadku przekroczenia niebezpiecznego wzrostu temperatury odgromnika gazowanego (np. zwarcie linii sygnałowej z przewodem sieci 230 V) nie dopuszczając przy tym do zapłonu izolacji obudowy ochronnika. Zgrubna ochrona przepięciowa realizowana jest poprzez trójelektrodowy odgromnik gazowany, który przyjmuje na siebie większą część energii. Stosunkowo długi czas zadziałania odgromnika powoduje, że przy szybko narastającym impulsie, wrażliwe urządzenia elektroniczne mogą zostać uszkodzone. Powoduje to konieczność stosowania dodatkowych stopni ochronnych. W ochronnikach EM-TD ochronę dokładną zapewnia drugi stopień składający się z układu trzech warystorów (110 V) lub trzech diod (5-60 V).

W celu ograniczenia prądu szczytowego elementów ochrony przepięciowej drugiego stopnia (diody zabezpieczające), ułatwienia zapłonu odgromnika (koordynacja zadziałania), a także ochrony przed wszelkimi przetężeniami, w wykonaniu 5-60 V zastosowano element wzdużny PTC.

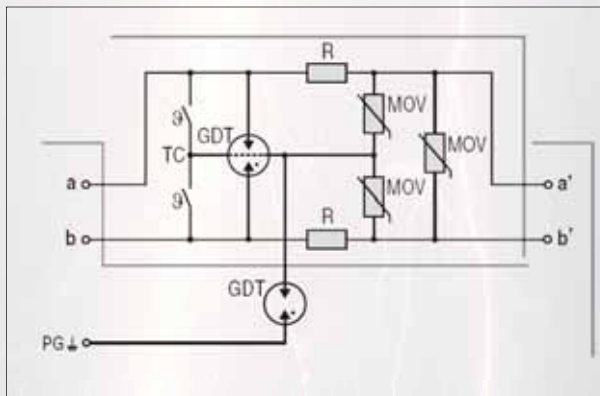


Rys.4 Układ wewnętrzny granicznika  
przepięć ETITEC SIG EM-TD 24V

Ochronniki EMS-TC w odróżnieniu od ograniczników EM-TD posiadają odgromniki z fabrycznym zabezpieczeniem termicznym. W przypadku przekroczenia maksymalnej dopuszczalnej temperatury elektrody odgromnika zwierają się. Wykorzystuje się przy tym efekt rozszerzalności cieplnej metali.

**Właściwości:**

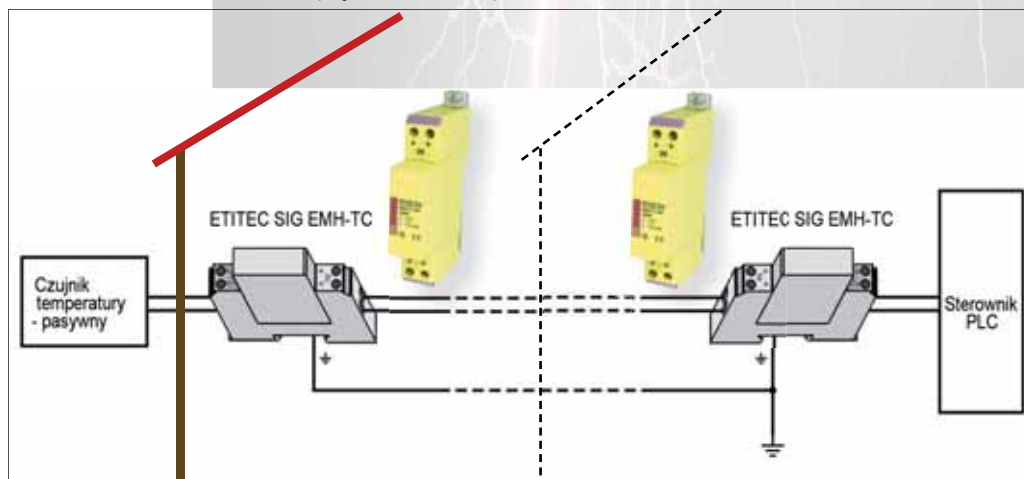
- moduły ochronne chroniące 2 żyły do stosowania pomiędzy strefami  $0_B-1$ ,  $0_B-2$ , 1-2
- wymiary: h=90 mm szer. 17,5 mm gł. 68 mm
- ochrona linii symetrycznych jak i niesymetrycznych-uniwersalność
- napięcia znamionowe: 5V, 12V, 15V, 24V, 30V, 48V, 60V, 110V
- prąd znamionowy: EM-TD-145 mA, EMS-TC 1A,
- częstotliwości graniczne od EM-TD, EMS-TC: 0,6 MHz do 10MHz
- 3 rodzaje podstaw: z bezpośrednim uziemieniem ekranu, z uziemieniem ekranu przez odgromnik, z sygnalizacją uszkodzenia RC
- styk uziemiający na szynę TH
- wymienny moduł ochronny
- odłącznik termiczny TD
- przetężeniowy element wzdłużny PTC w wykonaniu 5-60V
- optyczna i przekaźnikowa RC sygnalizacja uszkodzenia ogranicznika
- uziemienie poprzez szynę montażową TH 35



Rys.1 Układ wewnętrzny ogranicznika przepięć ETITEC SIG EMS-TC 110V

Ograniczniki przepięć COAX (Rys.2 Str. 63) przeznaczone są do ochrony urządzeń, gdzie sygnał analogowy przesyłany jest za pomocą przewodów, kabli koncentrycznych i ekranowanych. Przelotowe ograniczniki COAX posiadają różne złącza tj: BNC, N, 7/16, UHF, F, TV. Konstrukcja ograniczników pozwala na przesyłanie sygnałów o wysokiej częstotliwości RF do 3000 MHz. Tak wysoką częstotliwość przesyłu zawdzięczają niskiemu poziomowi tłumienia. rezystancja izolacji tych ograniczników jest większa od 10 GΩ.

Ograniczniki przepięć z łączami typu RJ45 (Rys.3 Str. 63) stosowane są najczęściej do zabezpieczeń sieci komputerowych oraz urządzeń telekomunikacyjnych jak faxy, telefony, hub, TN-SAT itp. Wykonane są jako ochronniki do montażu na jednej linii lub do wielu tak jak w przypadku ogranicznika ETITEC 24 NET (Rys. 3), które przeznaczone są do montażu w rozdzielnicach systemu -"Rack' 19". Ograniczniki z łączami RJ45 produkowane są także w systemie "kombinowanym" tzn. zabezpieczają linię sygnałową i linię zasilającą urządzenie np. sprzęt TV, komputer, fax, telefon itd. Przykładami takich urządzeń są: ETITEC 24 NET 19 i ETITEC LZ NET (Rys. 3 Str. 63).

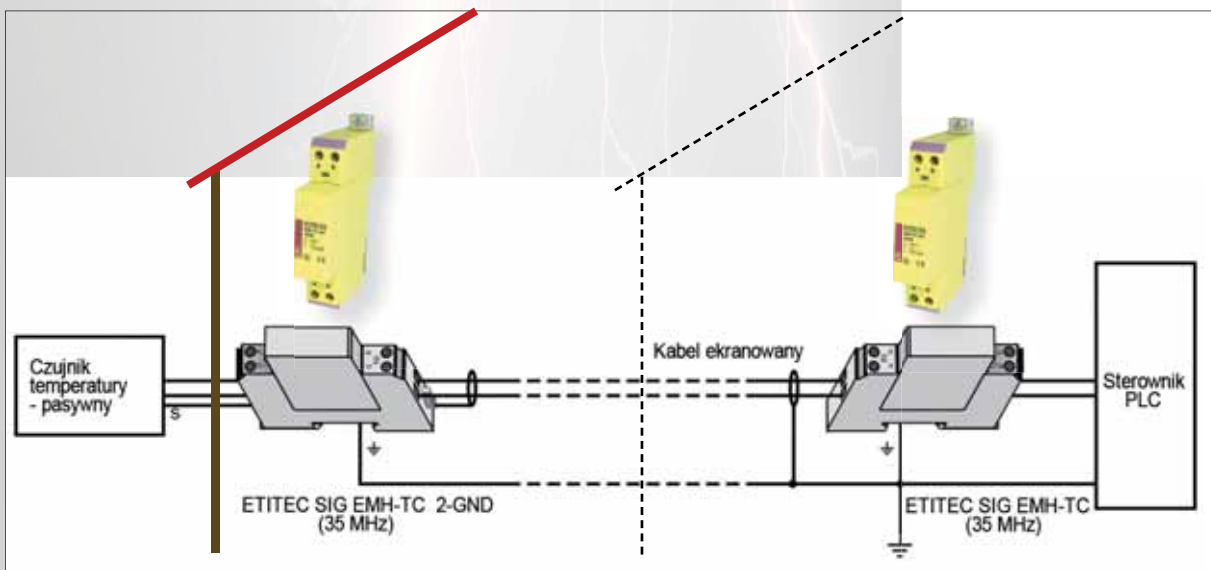


Rys. 2 Ochrona układu pomiaru temperatury czujnikiem pasywnym (bez napięciowym) i sterownika PLC

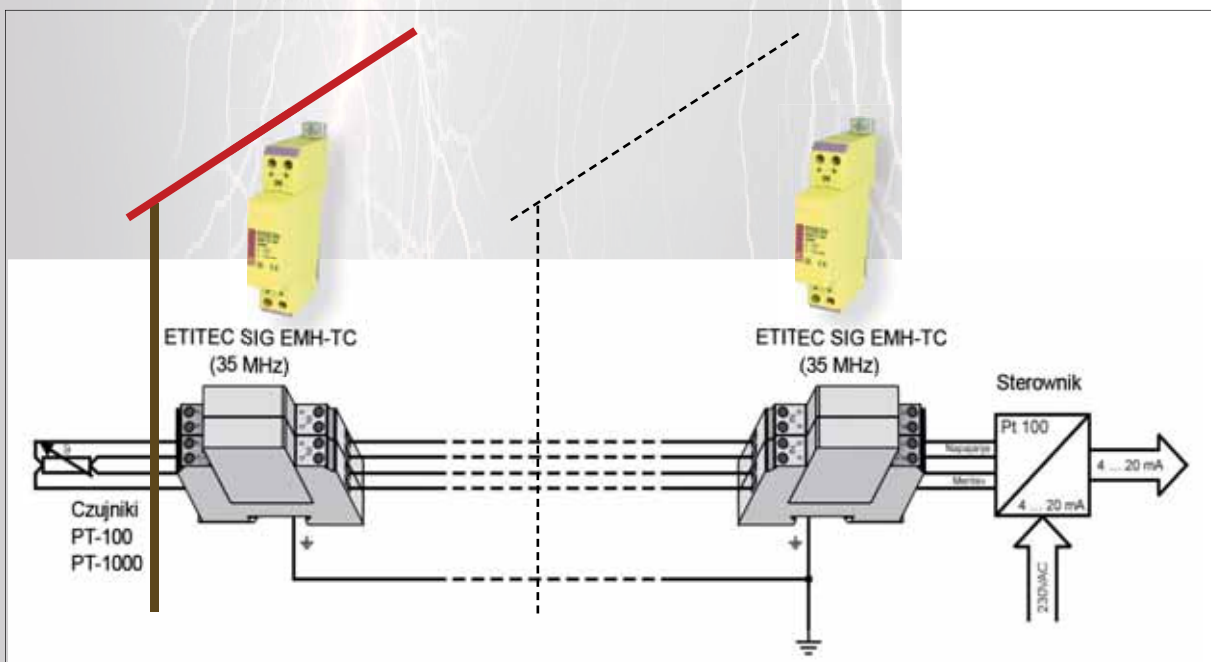


## Ochrona przepięciowa układów automatyki

Ze względu na lokalizację w sąsiedztwie urządzeń i odbiorników dużej mocy - silników elektrycznych, grzejników przemysłowych, styczników, przetwornic częstotliwości, układy automatyki i pomiarów procesowych są szczególnie narażone na przepięcia generowane w momencie załączania i wyłączenia tych urządzeń. Szczególnie narażone są sterowniki (PLC) przejmujące sygnały (dane) z czujników rozmieszczonych na dużych obszarach i połączone długimi liniami z innymi sterownikami, z aparaturą kontrolną w dyspozytorni itp. Do połączeń elementów automatyki wykorzystywana jest duża liczba przewodów sygnałowych - ekranowanych i nieekranowanych - nierzadko znacznych długości, prowadzonych w budynkach jak i poza budynkami (Rys. 1 i 2). Przewodami tymi przesyłane są sygnały analogowe lub cyfrowe w liniach symetrycznych i niesymetrycznych. Do ochrony pojedynczych linii sygnałowej składającej się z dwóch żył stosuje się układy niesymetryczne, w których elementy warystorowe i diody umieszczone są pomiędzy żyłami, zaś iskiernik gazowany odprowadza energię do przewodu ochronnego PE (Rys. ). W układach symetrycznych stosuje się ograniczniki, w których wszystkie elementy ochronne włączone są pomiędzy żyły obwodu chronionego i przewód ochronny PE.



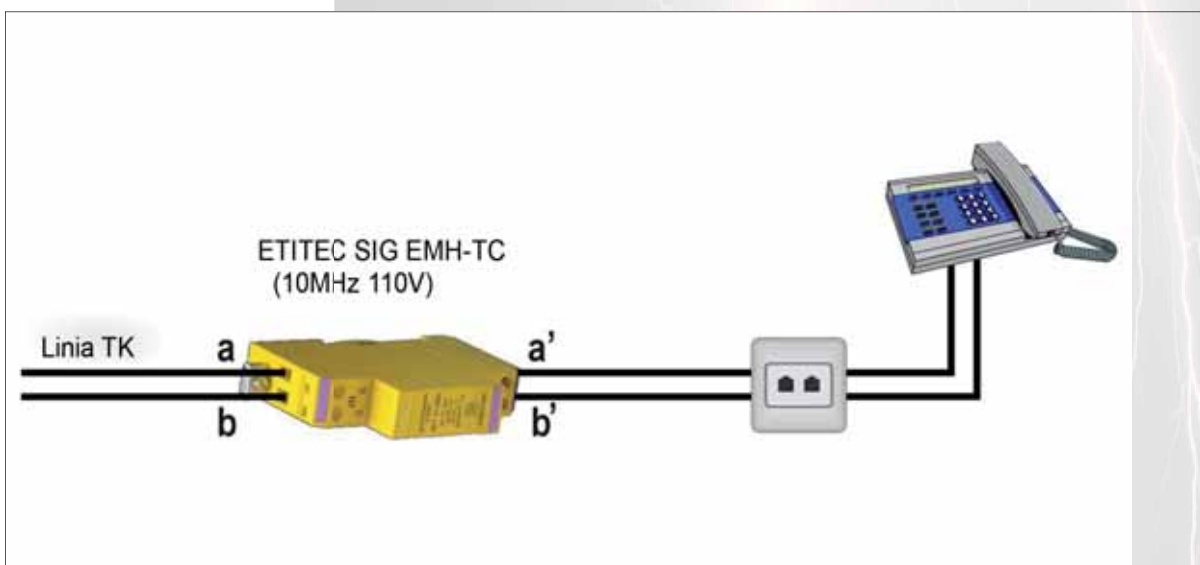
Rys. 1 Ochrona układu pomiaru temperatury czujnikiem pasywnym (bez napięciowym) i sterownika PLC połączonych przewodem ekranowanym



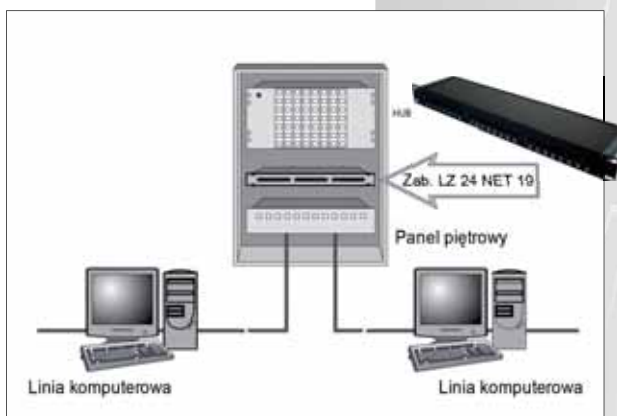
Rys. 2 Ochrona układu pomiaru temperatury z czujnikiem PT-100 i sterownikiem PLC

## Przykłady układów ochronnych linii przenoszenia sygnałów cyfrowych i analogowych

Sygnały cyfrowe są to sygnały w liniach dwużyłowych ze wspólnym potencjałem odniesienia, który jest wymagany np. przez sterowniki, czujniki położenia, wyłączniki, zawory elektromagnetyczne itd. Normalnie sygnały te mają wspólny potencjał odniesienia, który wynika z połączenia z ziemią lub bez takiego połączenia w zależności od rodzaju ochrony. Sygnały analogowe występują najczęściej w obwodach pomiarowych wykonanych jako dwużyłowe obwody prądowe (pętla prądowa) bez wspólnego potencjału odniesienia. Obwody te są przystosowane np. jako prądowe dla prądu 0 ... 20mA, przeznaczone do dużych odległości przenoszenia sygnałów analogowych, lub jako obwody napięciowe, np. dla napięcia 0 ... 10V przystosowane do niewielkich odległości przenoszenia sygnałów analogowych. Obwody pomiarowe temperatur czujnikami oporowymi np. Pt 100 czy Pt 1000 (Rys. 1, 2 Str.64) są często wykonywane jako 3 lub 4 - ro przewodowe. Dodatkowe przewody służą do pomiaru spadku napięcia na czujniku. Ochroną powinny być objęte wszystkie przewody obwodu pomiarowego.



Rys. 1 Ochrona linii telekomunikacyjnej 110V za pomocą ochronnika ETITEC SIG EMH-TC

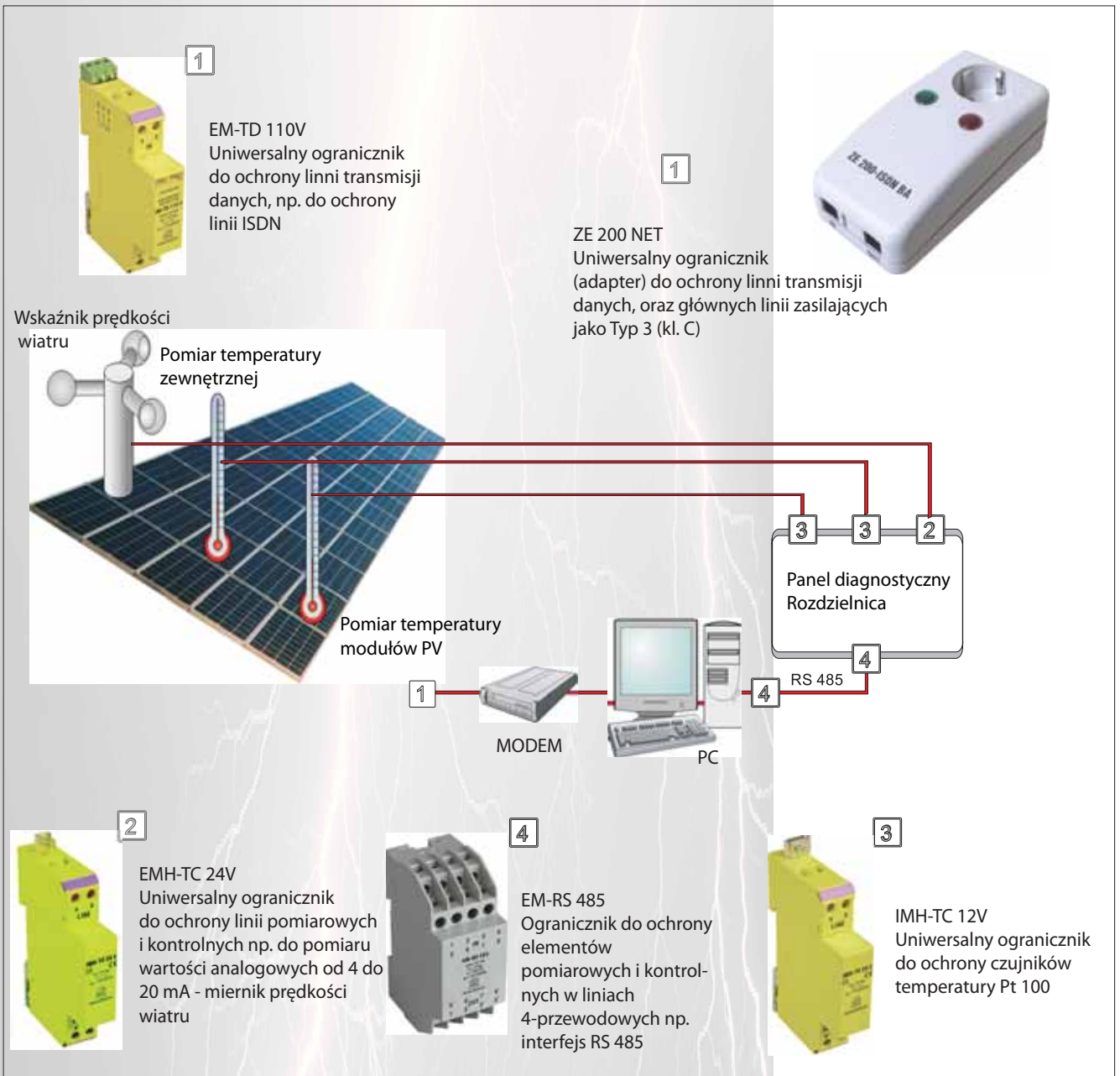


Rys. 2 Ochrona linii przesyłu danych (LAN) za pomocą sumatora LZ 24 NET 19”



Rys. 3 Ochrona komputera - sieć zasilająca i linia przesyłu danych (LAN- za pomocą uniwersalnego ogranicznika ZE 200 NET

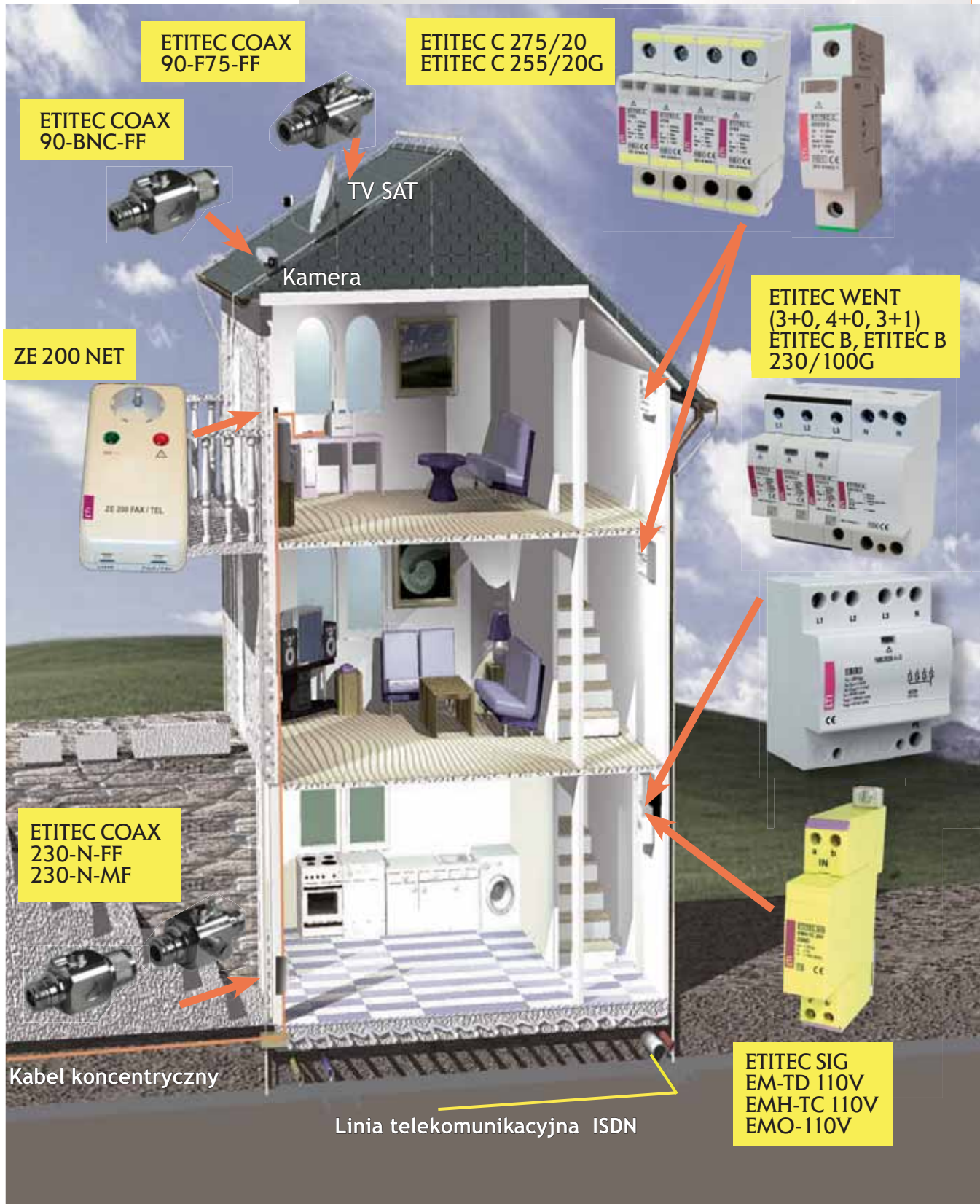
## Przykłady układów ochronnych systemów pomiarowych i kontrolnych



Rys. 1 Przykład ochrony systemu pomiaru temperatury i prędkości wiatru za pomocą ograniczników ETITEC SIG

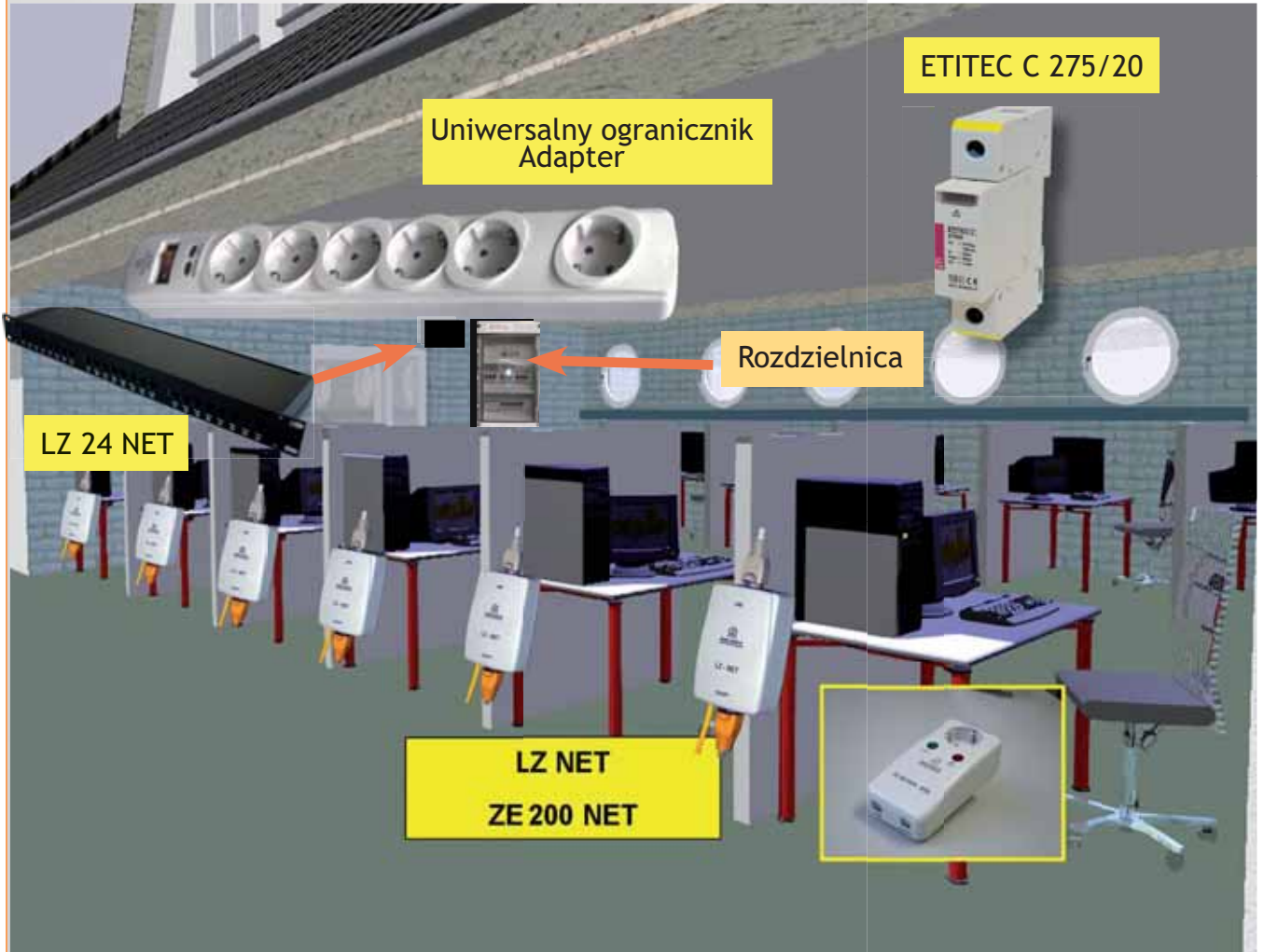


Przykłady zastosowań ograniczników przepięć ETITEC

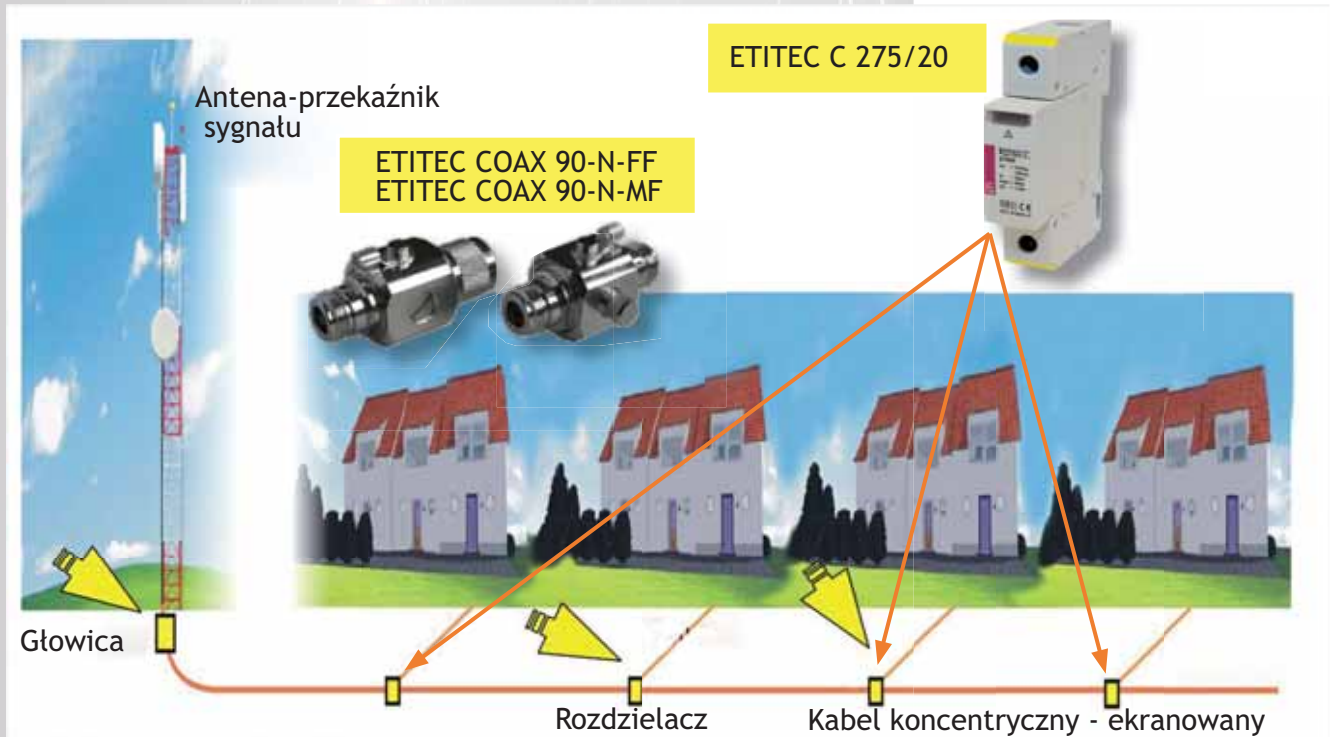


Rys. 1 Przykład kompleksowej ochrony instalacji elektrycznej, telekomunikacyjnej i przesyłu danych w budynku jednorodzinny za pomocą ograniczników ETITEC, i ETITEC COAX i ETITEC SIG

Przykłady zastosowań ograniczników przepięć ETITEC



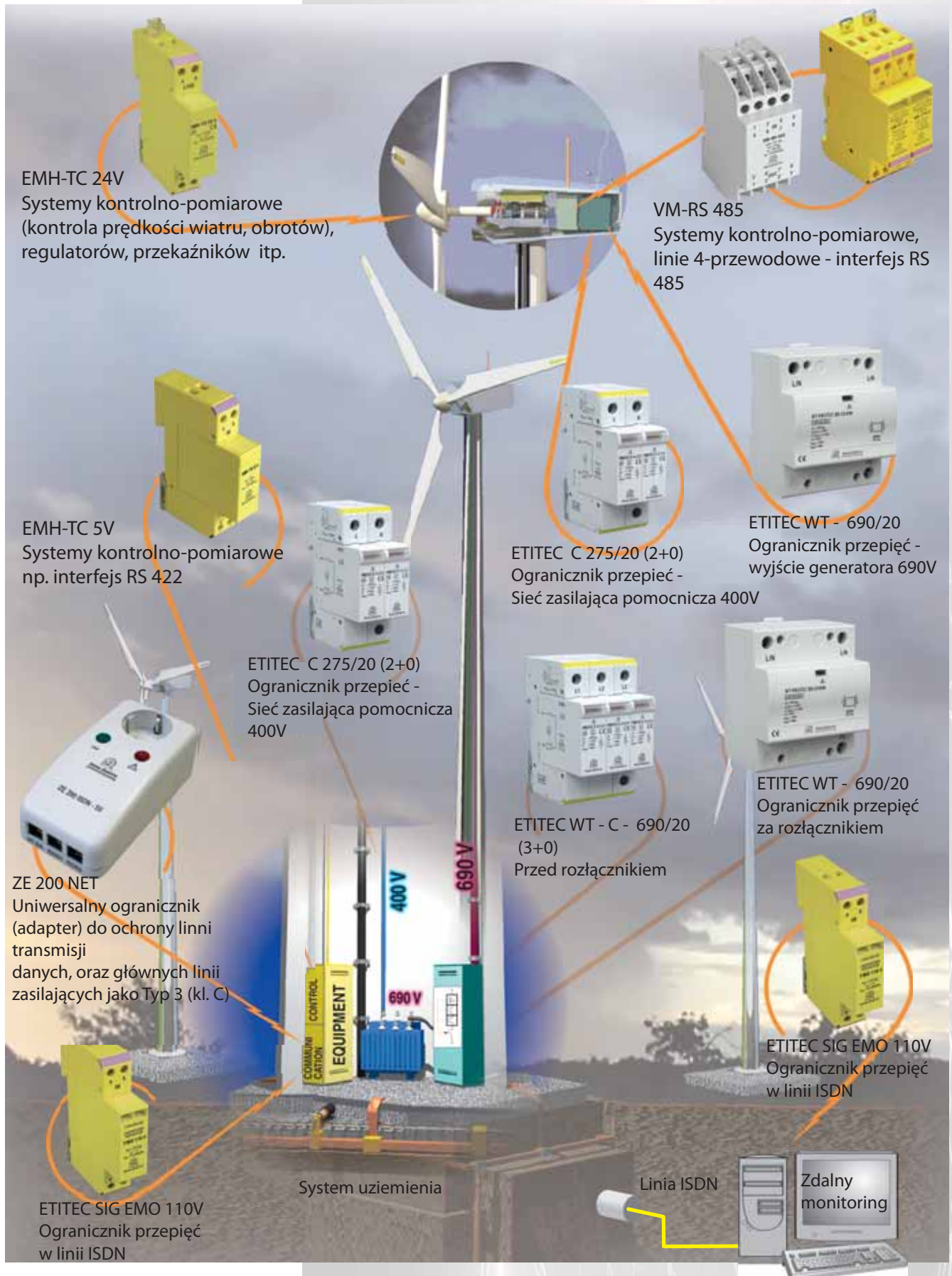
Rys. 1 Przykład ochrony wewnętrznej sieci komputerowej w pomieszczeniu biurowym



Rys. 1 Przykład ochrony systemu telewizji zbiorczej



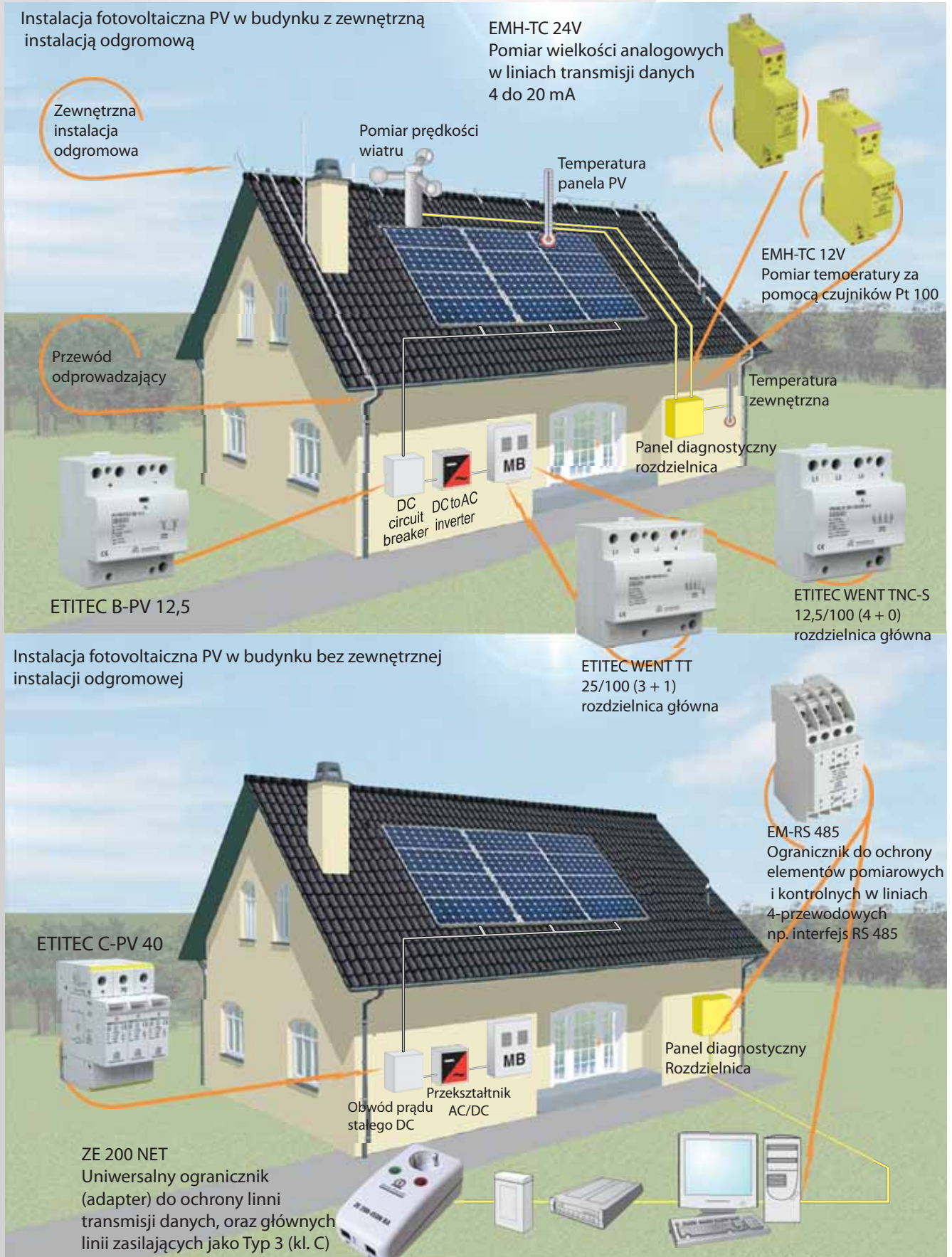
Przykłady zastosowań ograniczników przepięć ETITEC



Rys. 1 Przykład ochrony systemu turbiny wiatrowej

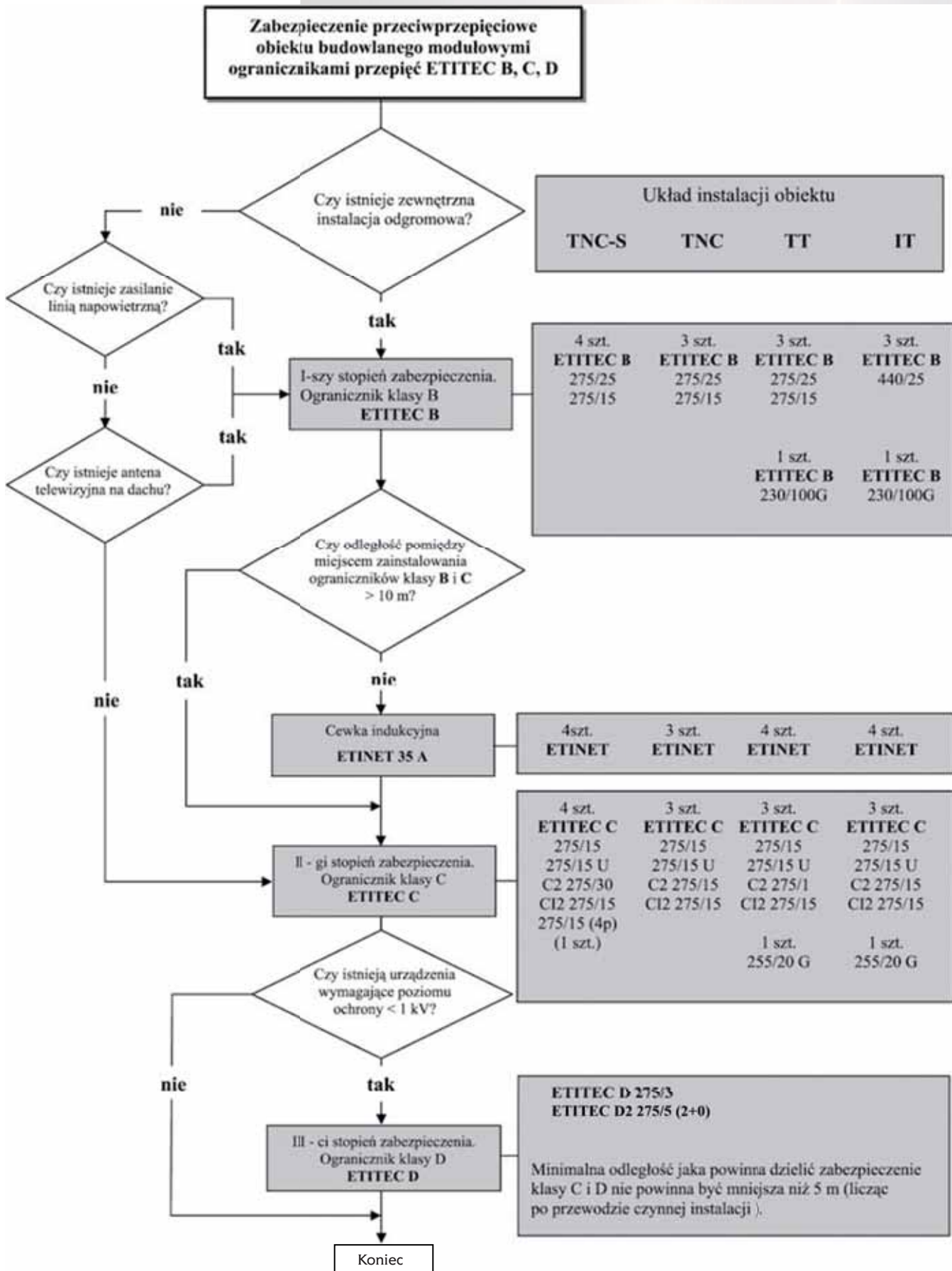


## Przykłady zastosowań ograniczników przepięć ETITEC

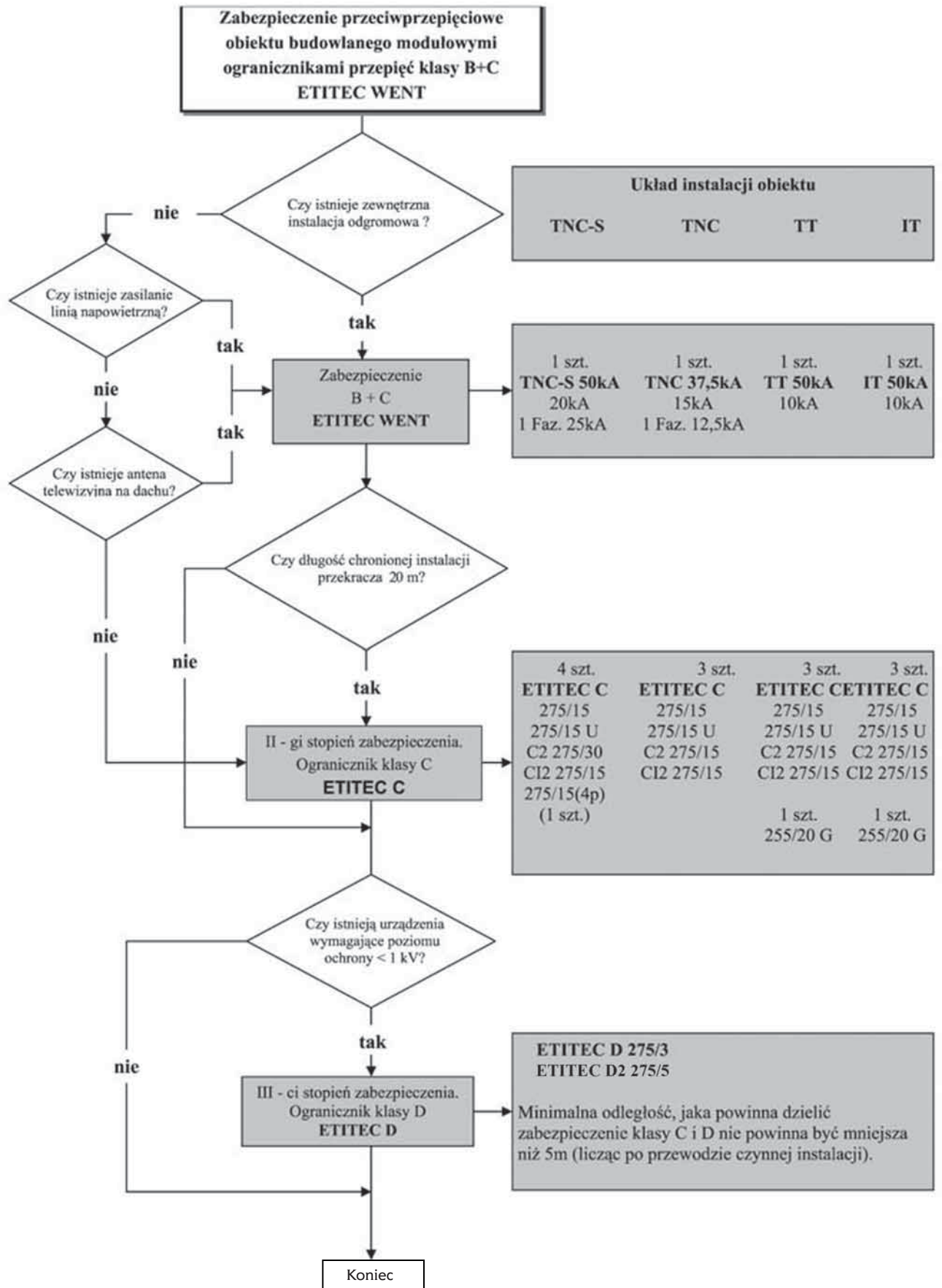


Rys. 1 Przykład kompleksowej ochrony budynku z instalacją fotowoltaiczną

Algorytm ułatwiający dobór ograniczników przepięć w wielostopniowym układzie ochrony przeciwprzebieciowej, przy wykorzystaniu ograniczników ETITEC B, ETITEC C, ETITEC D.



Algorytm ułatwiający dobór ograniczników przepięć w wielostopniowym układzie ochrony przeciwprzebieciowej, przy wykorzystaniu ograniczników zespolonych (T1+T2) ETITEC WENT.





## LITERATURA

1. PN-EN 61643-11;2006 Niskonapięciowe urządzenia do ograniczania przepięć - Wymagania i próby
2. PN-IEC 60364-4-443:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed przepięciami.
3. 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
4. PN-IEC 60364-4-534:2003 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. urządzenia do ochrony przepięć.
5. PN-EN 60664-1:2006 Koordynacja izolacji urządzeń elektrycznych w układach niskiego napięcia.
6. PN-IEC 61024-1-1:2000 Ochrona odgromowa obiektów budowlanych. Zasady ogólne.
7. PN-IEC 61024-1-2:2002 Ochrona odgromowa obiektów budowlanych. Przewodnik B: Projektowanie montaż, konserwacja i sprawdzanie urządzeń piorunochronnych.
8. PN-IEC 61312-3:2003 Ochrona przed piorunowym impulsem elektromagnetycznym (LEMP). wymagania dotyczące urządzeń do ograniczania przepięć (SPD)
9. PN-EN 62305-1:2006 Ochrona odgromowa. Zasady ogólne.
10. PN-EN 62305-2:2006 Ochrona odgromowa. Zarządzanie ryzykiem.
11. PN-EN 62305-3:2006 Ochrona odgromowa. Szkody fizyczne w obiekcie i zagrożenie życia.
12. PN-EN 62305-4:2006 Ochrona odgromowa. Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiekcie.
13. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie „Warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie” z dnia 12 kwietnia 2002r (Dz. U. nr 75, poz. 690) ze zmianami z dnia 7 kwietnia 2004r. (Dz.u. 2004 nr 109 poz.1156).
14. E. Musiał: Dobebezpieczanie ograniczników przepięć. Informacje o normach i przepisach elektrycznych (INPE) nr 76 - 77
15. Z.Flisowski: Potrzeba stosowania i ocena skuteczności ochrony instalacji elektrycznych od przepięć atmosferycznych. Elektroinstalator 9/2006
16. M.Szczerbiński: Zasady stosowania i ograniczenia metody „toczącej się kuli” w projektowaniu ochrony zewnętrznej budynków. III Krajowa Konferencja Naukowo-Techniczna Kraków 2000r.
17. A.Sowa: Ochrona instalacji przed zewnętrznymi narażeniami udarowymi. Elektrosystemy 12/2000
18. H.Markiewicz; Przepięcia i ochrona przeciwprzepięciowa w instalacjach elektrycznych nn. Elektroinstalator 5/99
19. EN 60071-2: 1996 Insulation Co-ordination. Part.2 Application Guide
20. IEC 99-5 Surge Arresters Part.5: Selection and Application Recommendation
21. Materiały firmowe ETI Polam Sp. z oo. i ISKRA ZASCITE.

## PODZIĘKOWANIE

Autor składa serdeczne podziękowanie pracownikom firmy ISKRA ZASCITE w Lublanie:

- Monika Podpecan

- Igor Juricev

- Ales Golob

za cenne uwagi dotyczące niniejszej publikacji oraz za udostępnienie własnych materiałów graficznych.