

*Centrum Ochrony
przed Przepięciami i Zakłóceniami Elektromagnetycznymi
w Białymstoku*



Dobór ograniczników przepięć w instalacjach elektrycznych według znowelizowanych norm PN-HD 60364

Opracowanie:

dr inż. Tomasz Maksimowicz

RST Sp. z o.o.

15-620 BIAŁYSTOK
ul. Elewatorska 17/1

tel.: 792 350 100

www.rst.bialystok.pl
e-mail: rst@rst.bialystok.pl



Białystok, czerwiec 2018 r.

1. Wstęp

Konieczność stosowania ochrony przed przepięciami w obiektach budowlanych może wynikać z wymagań stawianych przez normy serii PN-EN 62305 z dziedziny ochrony odgromowej lub normy serii PN-HD 60364 dotyczące instalacji elektrycznych. Projektując instalacje w obiekcie budowlanym należy uwzględnić ochronę zawsze jeżeli wynika to z którejkolwiek z tych norm.

Z punktu widzenia ochrony odgromowej procedura doboru środków ochrony zawarta jest w arkuszu PN-EN 62305-2 [1] i polega na przeprowadzeniu analizy ryzyka zagrożenia piorunowego. Jest to procedura bardzo złożona i wymagająca uwzględnienia wielu czynników. Wynik analizy daje jednak nie tylko informację o tym czy ochrona jest konieczna ale także pomaga w doborze odpowiednich środków. Każdy budynek wyposażony w urządzenie piorunochronne wymaga również zastosowania ochrony przed przepięciami. Może wystąpić również sytuacja, w której na podstawie przeprowadzonej analizy ryzyka budynek nie wymaga zewnętrznej instalacji odgromowej ale wymaga stosowania ochrony przed przepięciami. Jeżeli jednak na podstawie przeprowadzonej analizy ryzyka według norm odgromowych żadna ochrona nie jest wymagana to ochrona przed przepięciami może być konieczna z kolei ze względu na wymagania norm dotyczących instalacji elektrycznych serii PN-HD 60364.

Wraz z aktualizacjami norm zmianom ulegają często procedury określające konieczność stosowania środków ochrony. Tak jest również w przypadku normy PN-HD 60364-4-443 [2], która zmienia dotychczasowe kryteria dotyczące konieczności stosowania ograniczników przepięć (SPD) w instalacjach elektrycznych obiektów budowlanych. Norma ta została opublikowana w języku polskim w październiku 2017 r. i przywołana w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 14 listopada 2017 r. zmieniającego rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2017 poz. 2285).

2. Procedura oceny ryzyka według PN-HD 60364-4-443:2016

Wymagania dla stosowania ograniczników przepięć w obiektach budowlanych z punktu widzenia norm dla instalacji elektrycznych zawarte są w arkuszu 443 [2] normy zharmonizowanej PN-HD 60364. Do niedawna w rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie przywołana była starsza wersja normy PN-IEC 60364-4-443 jeszcze z 1999 roku. Norma ta definiowała dwa warunki wpływów zewnętrznych:

- AQ 1: liczba dni burzowych $T_d \leq 25$ dni w roku,
- AQ 2: liczba dni burzowych $T_d > 25$ dni w roku.

Stosowanie ochrony przed przepięciami wymagane było w przypadku warunku AQ 2 i gdy instalacja zasilana była napowietrzną linią niskiego napięcia lub z taką linią się łączyła. Zgodnie z odsyłaczem krajowym na podstawie PN-86/E-05003-01

w Polsce warunek AQ 2 był spełniony dla terenów o szerokości geograficznej poniżej 51°30' N. W praktyce oznaczało to, że z punktu widzenia wymagań dla instalacji elektrycznych ograniczniki przepięć nie były wymagane dla obszarów Polski północnej a dla obszarów południowych należało je stosować jedynie jeżeli instalacja była zasilana lub połączona z napowietrzną linią nn.

Norma ta została zastąpiona nowszą wersją przez PKN w roku 2006, ta jednak nie została nigdy przetłumaczona na język Polski i nie mogła z tego powodu być przywołana w rozporządzeniu. W roku 2016 europejski komitet normalizacyjny wprowadził kolejną wersję normy zharmonizowanej PN-HD 60364-4-443 [2], która pod koniec 2017 r. opublikowana została już w języku Polskim i dzięki temu mogła być przywołana przy nowelizacji rozporządzenia w sprawie warunków technicznych, które obowiązują od początku 2018 r.. Najnowsza wersja normy wprowadza nową metodę oceny konieczności stosowania ochrony przed przepięciami w instalacjach elektrycznych. Przedstawiona procedura bazuje na ocenie ryzyka i wynik uzależnia od trzech czynników:

- środowiska w jakim położony jest obiekt,
- typu i długości linii energetycznej,
- położenia geograficznego.

Przedstawiona w dokumencie metoda polega na obliczeniu współczynnika CRL według następującej zależności:

$$CRL = f_{env} / (L_P \times N_g)$$

gdzie:

f_{env} – współczynnik środowiskowy;

L_P – współczynnik długości linii;

N_g – średnia roczna gęstość doziemnych wyładowań atmosferycznych w analizowanym obszarze

Algorytm ten uzależnia zatem wynik oceny ryzyka przede wszystkim od charakterystyki linii energetycznej i położenia obiektu.

Wartość współczynnika f_{env} zależna jest od środowiska, w jakim położony jest analizowany obiekt i wynosi:

- $f_{env} = 85 \times F$ dla terenów wiejskich i podmiejskich, lub
- $f_{env} = 850 \times F$ dla terenów miejskich.

Zgodnie z treścią normy jako środowisko podmiejskie należy uznać również obrzeża miast.

Dla budynków mieszkalnych w Polsce zgodnie z odsyłaczem krajowym zaleca się przyjąć wartość współczynnika $F = 2$, w pozostałych instalacjach należy przyjąć $F = 1$.

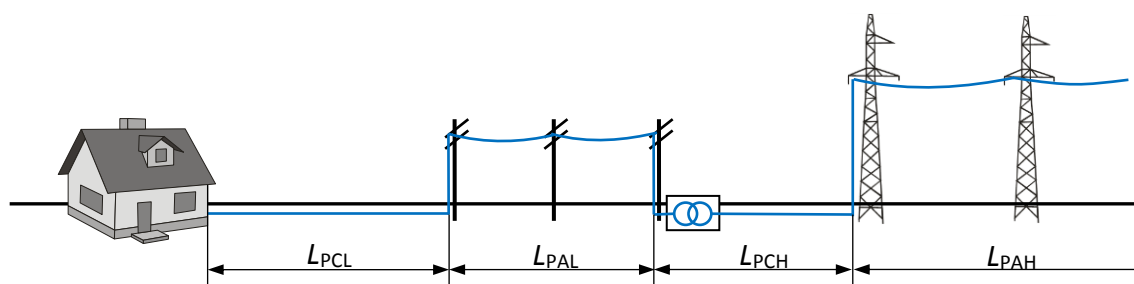
Współczynnik długości linii oblicza się z zależności:

$$L_P = 2 L_{PAL} + L_{PCL} + 0,4 L_{PAH} + 0,2 L_{PCH}$$

gdzie:

L_{PAL} - jest długością (km) linii napowietrznej niskiego napięcia;

- L_{PCL} - jest długością (km) kabla podziemnego niskiego napięcia;
 L_{PAH} - jest długością (km) linii napowietrznej wysokiego napięcia;
 L_{PCH} - jest długością (km) kabla podziemnego wysokiego napięcia.



$$L_P = 2 L_{PAL} + L_{PCL} + 0,4 L_{PAH} + 0,2 L_{PCH}$$

$$(L_{PCL} + L_{PAL} + L_{PCH} + L_{PAH}) = \max 1000 \text{ m}$$

Rys. 1. Interpretacja wyznaczania współczynnika długości linii energetycznej

Całkowita uwzględniana w ocenie ryzyka długość linii ($L_{PAL} + L_{PCL} + L_{PAH} + L_{PCH}$) jest odległością od złącza kablowego instalacji elektrycznej do pierwszego, zainstalowanego w sieci energetycznej urządzenia ograniczającego przepięcia, przy czym uwzględnia się maksymalnie odcinek linii o długości 1 km. Należy tu również zwrócić uwagę, że według dokumentów międzynarodowych komitetów normalizacyjnych za wysokie napięcie uznaje się napięcia powyżej 1 kV co oznacza, że współczynniki L_{PAH} oraz L_{PCH} w Polsce dotyczą zarówno linii wysokiego napięcia (WN), jak i linii średniego napięcia (SN). W praktyce w większości przypadków obliczenia będą ograniczały się jednak wyłącznie do uwzględniania linii niskiego napięcia.

Średnia roczna gęstość doziemnych wyładowań atmosferycznych N_g charakteryzuje częstość występowania piorunów na danym terenie a tym samym stopień zagrożenia burzowego. Określenie tej wartości jest zagadnieniem najbardziej problematycznym w całej ocenie ryzyka ponieważ nie ma obecnie sprecyzowanego jednoznacznie źródła tego typu danych.

Kryterium dla oceny ryzyka stanowi obliczona wartość CRL. Jeżeli $CRL < 1000$ to wymagane jest zastosowanie środków ochrony przed przepięciami. Dla wartości $CRL \geq 1000$ ochrona nie jest wymagana.

3. Gęstość doziemnych wyładowań atmosferycznych w Polsce

Częstość występowania burz na danym obszarze przekłada się bezpośrednio na zagrożenie piorunowe obiektów i linii energetycznych. Im większa jest liczba wyładowań atmosferycznych tym większe jest prawdopodobieństwo wystąpienia groźnego zdarzenia związanego z bezpośrednim uderzeniem pioruna w obiekt bądź linię lub w ich pobliżu. Współczynnikiem wykorzystywanym w ocenach ryzyka piorunowego jest gęstość wyładowań doziemnych N_g określana przez średnią liczbę

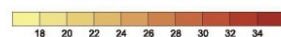
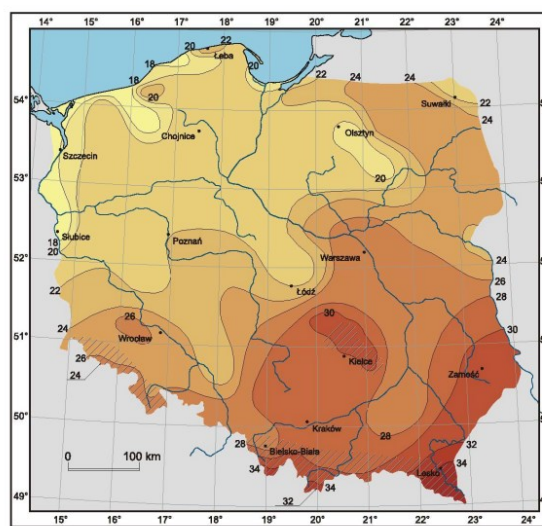
doziemnych wyładowań piorunowych przypadających na powierzchnię 1 km² na danym obszarze w ciągu roku.

Według starszych norm odgromowych PN-86/E-05003-01 Polska podzielona była na dwa obszary izokerauniczne a granicę podziału stanowiła szerokość geograficzna 51°30' N: dla obszarów północnych przyjmowano $N_g = 1,8$ wył./km²/rok a dla obszarów południowych $N_g = 2,5$ wył./km²/rok. Wartość N_g była w tym przypadku jednoznacznie określona ale dane były bardzo uproszczone.

Inną metodą określenia wartości doziemnych wyładowań atmosferycznych jest wykorzystanie map izokeraunicznych przedstawiających średnią liczbę dni burzowych T_d w roku. Przykładem jest mapa zamieszczona w Atlasie Klimatu Polski opublikowanym przez IMGW [3]. Wartość N_g wyznaczana jest w tym przypadku z prostej zależności $N_g = 0,1 T_d$. Wykorzystując tę zależność i dane IMGW na obszarze Polski średnia roczna gęstość wyładowań doziemnych zawiera się typowo w przedziale od $N_g \approx 2,0$ wył./km²/rok dla obszarów północno-zachodnich do $N_g \approx 3,0$ wył./km²/rok dla obszarów południowo-wschodnich, przy czym skrajne wartości wynoszą odpowiednio 1,8 i 3,4 wyładowania na km². Występuje tu znacznie większe zróżnicowanie wartości N_g niż przy stosowanym dawniej podziale Polski na tylko dwa obszary względem określonej szerokości geograficznej. Uwagę zwraca również fakt, że są to wartości większe niż zakładane wcześniej. Należy jednak podkreślić, że dane opublikowane przez IMGW dotyczą lat 1971 – 2000 i biorąc pod uwagę nieustanne zmiany klimatu obecnie mogą być już nieaktualne.



Średnie gęstości N_g wyładowań piorunowych na terenie Polski



a)

b)

Rys. 2. Mapy pomocnicze do wyznaczania wartości N_g :

a) podział względem szerokości 51°30' N wg PN-86/E-5003/1

b) mapa izokerauniczna liczby dni burzowych T_d wg IMGW za lata 1971 - 2000

Obecnie dane burzowe mogą być pozyskane również z komercyjnych systemów detekcji wyładowań atmosferycznych, takich jak LINET [5]. Systemy te pozwalają na rejestrację lokalizacji oraz czasu wyładowań piorunowych. Przy analizie

odpowiedniego obszaru oraz przedziału czasu pozwalają na wyznaczenie wartości N_g . Aby móc opierać się na danych z systemów detekcji należałoby jednak pozyskać uśrednione dane dotyczące liczby wyładowań atmosferycznych zarejestrowanych na określonym obszarze z okresu przynajmniej 5 poprzednich lat. Metoda ta pozwala na uzyskanie aktualnych danych o zagrożeniu burzowym jednak jej wykorzystanie wiąże się z dodatkowymi kosztami za zakup danych, których większość projektantów wolałaby uniknąć.

W zależności od wybranej metody dla tego samego obszaru możliwe jest zatem uzyskanie różnych wartości N_g [4]. W praktyce może to mieć wpływ na ostateczny wynik oceny ryzyka i prowadzić do sytuacji, w której dla tej samej instalacji według jednego projektanta ochrona będzie wymagana a przez drugiego nie, co powinno być rzeczą niedopuszczalną. Konieczne jest zatem uregulowanie tej kwestii i określenie jednego źródła danych na podstawie którego jednoznacznie można byłoby określić wartość N_g . Możliwe byłoby to na poziomie normalizacyjnym przez Komitet Techniczny nr 55 poprzez zamieszczanie w normach odsyłacza krajowego podającego jednoznacznie określone i ogólnie zaakceptowane źródło tego typu danych.

4. Przykłady obliczeniowe

Dla sprawdzenia praktycznego zastosowania przyjętej metody oceny ryzyka przeprowadzono przykładowe obliczenia dla następujących założeń:

- a) jednocześnie dla danego obiektu zakłada się tylko jeden typ linii energetycznej:
 - napowietrzna nn,
 - podziemna nn,
 - napowietrzna SN,
 - podziemna SN;
- b) uwzględnia się trzy przypadki wartości gęstości doziemnych wyładowań atmosferycznych w oparciu o dane IMGW [3]:
 - $N_g = 1,8$ wył./km²/rok jako minimalna występująca na terenie Polski,
 - $N_g = 2,5$ wył./km²/rok jako wartość typowa,
 - $N_g = 3,2$ wył./km²/rok jako wartość maksymalna występująca na terenie Polski;
- c) dla porównania analizuje się zarówno obiekty mieszkalne (wartość współczynnika $F = 2$ zgodnie z odsyłaczem krajowym) i pozostałe ($F = 1$) położone w środowisku miejskim, jak i wiejskim lub podmiejskim.

W tabeli 1. przedstawiono graniczne długości poszczególnych typów linii, dla których współczynnik CRL osiąga wartość równą 1000. Oznacza to, że w przypadku linii o większej długości niż podana w tabeli wymagana jest ochrona przed przepięciami.

Analiza zastosowania powyższego algorytmu pokazuje, że w obszarach wiejskich i podmiejskich praktycznie każda instalacja powinna być zabezpieczona urządzeniami ochrony przed przepięciami. Dla obszarów Polski północno-

zachodniej o najniższej gęstości doziemnych wyładowań atmosferycznych $N_g = 1,8$ wył./km²/rok w przypadku budynków mieszkalnych już przy długości podziemnej linii energetycznej niskiego napięcia wynoszącej 100 m wymagane jest stosowanie SPD. Dla budynków o przeznaczeniu innym niż mieszkalne wymagania są jeszcze bardziej rygorystyczne i graniczne długości linii są dwukrotnie krótsze.

Przyjęta przez Polski Komitet Normalizacyjny wartość $F = 2$ jest tylko teoretycznie złagodzeniem wymagań w stosunku do budynków mieszkalnych ponieważ obliczone wartości graniczne długości linii są i tak mniejsze niż typowe wartości występujące w praktyce.

Według przyjętego algorytmu w środowisku miejskim graniczne długości linii są 10-krotnie większe niż w przypadku środowiska wiejskiego i podmiejskiego. Dla założonych przykładów graniczne długości linii niskiego napięcia wahają się w granicach od 133 m do 472 m dla linii napowietrznych i od 266 m do 944 m dla linii podziemnych. W tym przypadku o konieczności stosowania ochrony przed przepięciami decydować może już lokalizacja najbliższego ogranicznika przepięć w sieci energetycznej i lokalna gęstość doziemnych wyładowań atmosferycznych. Uzyskanie takiej informacji może jednak okazać się w niektórych przypadkach problematyczne. Jeżeli znana jest odległość linii do stacji transformatorowej SN/nn, wyposażonej zazwyczaj w urządzenia do ograniczania przepięć, to długość ta może być przyjęta do analizy. Należy pamiętać, że ograniczniki przepięć mogą również występować także na napowietrznych liniach niskiego napięcia.

Tabela 1. Graniczne wartości długości linii energetycznych decydujące o potrzebie stosowania ochrony przed przepięciami

$N_g = 1,8$ wyładowania/km²/rok				
Typ budynku	mieszkalne ($F = 2$)		pozostałe ($F = 1$)	
Środowisko	wiejskie	miejskie	wiejskie	miejskie
L_{PALgr}	47 m	472 m	24 m	236 m
L_{PCLgr}	94 m	944 m	47 m	427 m
L_{PAHgr}	236 m	-	118 m	-
L_{PCHgr}	472 m	-	236 m	-
$N_g = 2,5$ wyładowania/km²/rok				
Typ budynku	mieszkalne ($F = 2$)		pozostałe ($F = 1$)	
Środowisko	wiejskie	miejskie	wiejskie	miejskie
L_{PALgr}	34 m	340 m	17 m	170 m
L_{PCLgr}	68 m	680 m	34 m	340 m
L_{PAHgr}	170 m	-	85 m	850 m
L_{PCHgr}	340 m	-	170 m	-
$N_g = 3,2$ wyładowania/km²/rok				
Typ budynku	mieszkalne ($F = 2$)		pozostałe ($F = 1$)	
Środowisko	wiejskie	miejskie	wiejskie	miejskie
L_{PALgr}	27 m	266 m	13 m	133 m
L_{PCLgr}	53 m	531 m	27 m	266 m
L_{PAHgr}	133 m	-	66 m	664 m
L_{PCHgr}	266 m	-	133 m	-

Jako obiekty zasilane z linii średniego napięcia w niniejszej analizie można uznać obiekty przemysłowe ze stacjami transformatorowymi SN/nn znajdującymi się na

ich terenie lub budynki mieszkalne zasilane ze stacji SN/nn znajdujących się w ich bezpośrednim sąsiedztwie gdzie długość linii nn jest pomijalna.

Dla środowiska wiejskiego i podmiejskiego graniczne długości linii napowietrznych SN zawierają się w przedziale od 66 m do 236 m, a dla linii podziemnych od 133 m do 472 m. Typowe długości linii SN w takich przypadkach są najczęściej znacznie większe więc instalacje w takich obiektach będą wymagały ochrony.

W środowisku miejskim występuje już odmienna sytuacja. Dla obiektów zasilanych podziemnymi liniami kablowymi SN wartości graniczne wynoszą powyżej 1000 m czyli powyżej maksymalnej długości linii jaką należy uwzględnić w ocenie ryzyka i dlatego nie zostały podane w niniejszej tabeli. Oznacza to, że zgodnie z przedstawionym w normie algorytmem obiekty takie ochrony przed przepięciami nie będą wymagały.

Dla linii napowietrznych zasilających obiekty inne niż mieszkalne widoczny jest już wpływ wartości gęstości doziemnych wyładowań atmosferycznych. Dla obszarów Polski o najniższym zagrożeniu burzowym ($N_g = 1,8$ wył./km²/rok) graniczna długość linii napowietrznej wynosi powyżej 1000 m natomiast dla obszarów Polski południowej wynik oceny ryzyka zależy już od długości linii i wartości N_g .

5. Kryteria doboru ograniczników przepięć

Decyzja o potrzebie stosowania ograniczników przepięć jest pierwszym etapem projektu ochrony przed przepięciami. Kolejnym krokiem, bardziej złożonym jest prawidłowy dobór odpowiednich urządzeń. Zasady doboru SPD w instalacjach elektrycznych określa norma PN-HD 60364-5-534 [7]. Zgodnie z jej wytycznymi przy doborze SPD należy brać pod uwagę następujące kwestie:

- d) typ SPD w zależności od miejsca instalacji,
- e) wytrzymałość udarową SPD (I_{imp} , i/lub I_n) w zależności od rodzaju spodziewanych zagrożeń,
- f) napięciowy poziom ochrony SPD (U_p) stosownie do znamionowego napięcia udarowego (U_w) chronionej instalacji,
- g) spodziewane wartości napięć i prądów w chronionej instalacji,
- h) koordynację układu SPD.

Wytrzymałość ograniczników przepięć powinna być odpowiednia do występujących zagrożeń. Jeżeli obiekt poddawany ochronie w jakikolwiek sposób narażony jest na oddziaływanie prądów pioruna to zgodnie z PN-HD 60364-5-534 w złączu instalacji lub rozdzielniczy głównej należy stosować SPD Typu 1 zdolne do bezpiecznego odprowadzania takich prądów. Do takich obiektów zalicza się przede wszystkim każdy budynek wyposażony w zewnętrzne urządzenie piorunochronne. Zastosowanie ograniczników Typu 1 wymagane jest ponadto również w obiektach, które nie posiadają instalacji LPS ale zasilane są z linii energetycznych, dla których nie można wykluczyć zagrożenia bezpośredniego uderzenia pioruna, np.: linie napowietrzne lub linie podziemne połączone z taką linią. Ograniczniki Typu 2 mogą być stosowane w rozdzielniczy głównej jedynie w przypadku gdy obiekt nie posiada

urządzenia piorunochronnego i gdy ryzyko bezpośredniego wyładowania atmosferycznego w linii zasilające jest pomijalne.

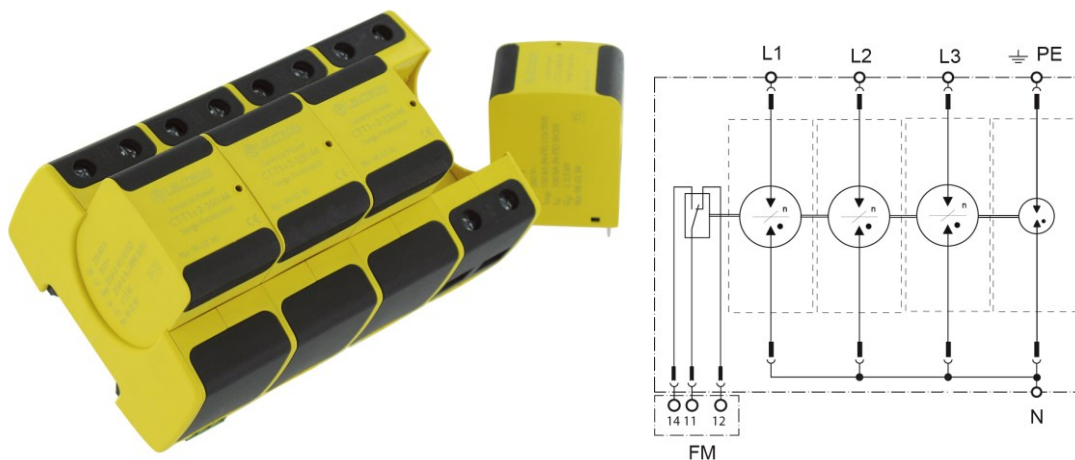
Według normy należy ponadto zapewnić koordynację zarówno między SPD a chronioną instalacją, jak i koordynację między kolejnymi stopniami ochrony w przypadku zastosowania dwóch lub więcej SPD. Ograniczniki przepięć powinny zapewniać redukcję poziomów przepięć do wartości wytrzymywanych przez chronione urządzenia.

Dobór SPD powinien również uwzględniać parametry instalacji elektrycznej takie jak spodziewane wartości napięć i prądów. Szczególną uwagę zwraca się w normie na odpowiedni dobór zabezpieczeń nadprądowych i ewentualną konieczność dobezpieczania ograniczników przepięć zgodnie z zaleceniami producenta SPD.

5.1. Pierwszy stopień ochrony

Według dobrej praktyki inżynierskiej, pierwszy i podstawowy stopień ochrony powinny zawsze stanowić ograniczniki przepięć Typu 1. Ich zadaniem jest ograniczenie wartości przepięć i odprowadzenie energii prądów udarowych do uziemienia. Z tego względu testowane są one zgodnie z normą PN-EN 61643-11 [6] udarami typu I_{imp} , o kształcie typowo 10/350 μ s i energii odpowiadającym w przybliżeniu prądom udarowym występującym podczas bezpośredniego uderzenia pioruna. Obecnie na rynku w zależności od zastosowanych podstawowych elementów składowych dostępne są dwa rodzaje SPD Typu 1: iskiernikowe oraz warystorowe. Ograniczniki iskiernikowe, których podstawowym elementem odpowiedzialnym za odprowadzenie energii udaru są elementy ucinające napięcie, charakteryzują się bardzo dużą wytrzymałością na prądy udarowe typowo $I_{imp} = 25$ kA na pole. Ograniczniki warystorowe, bazujące na elementach ograniczających napięcie z tlenków metali, charakteryzują się znacznie niższą wytrzymałością typowo $I_{imp} = 12,5$ kA. Niestety na rynek wprowadzanych jest wiele produktów warystorowych potocznie zwanych „B+C”, produkowanych często w krajach azjatyckich, które są bardzo popularne ze względu na niską cenę lecz w rzeczywistości nie wytrzymują często udarów o deklarowanej wartości. Proceder ten jest na tyle poważny, że ze względu na brak zgodności produktów z normą PN-EN 61643-11, w wielu przypadkach wstrzymano dystrybucję takich ograniczników w związku z prowadzonym postępowaniem przez Prezesa Urzędu Ochrony Konkurencji i Konsumentów. Z tego względu najpewniejszym rozwiązaniem są ograniczniki iskiernikowe, które poza zdecydowanie wyższą wytrzymałością udarową pozbawione są wad typowych dla warystorów, takich jak prądy upływu czy efekty starzenia powodujące stopniową degradację parametrów. Ograniczniki Typu 1 powinny być ponadto stosowane do zabezpieczania innych zewnętrznych obwodów zasilających, które narażone mogą być na bezpośrednie oddziaływanie prądu pioruna. Czołowi producenci profesjonalnych rozwiązań w zakresie ochrony przed przepięciami, jako SPD Typu 1 oferują niemal wyłącznie ograniczniki iskiernikowe. Przykład stanowić może oferta firmy LEUTRON, której flagowe SPD serii PowerPro i CT bazują wyłącznie na hermetycznych iskiernikach

gazowych wytrzymujących standardowo udary I_{imp} o wartości szczytowej 25 kA 10/350 μ s na pole (Rys. 3).



CT-T1/3+1-350-FM (nr kat. 960 207)

Rys. 3. Ogranicznik przepięć Typu 1 do sieci TN-S produkcji LEUTRON

Należy nadmienić, że występują również ograniczniki kombinowane, zawierające w gałęziach ochronnych zarówno elementy iskiernikowe jak i warystory (np.: seria IsoPro produkcji LEUTRON). W ich przypadku iskiernik jest odpowiedzialny za odprowadzenie energii przepięć a warystor zapewnia odpowiedni napięciowy poziom ochrony.

Ograniczniki Typu 2, badane zgodnie z normą PN-EN 61643-11 udarami typu I_n o kształcie 8/20 μ s, charakteryzują się znacznie niższą wytrzymałością w porównaniu z ogranicznikami Typu 1 i z tego względu stosowane powinny być wyłącznie do ochrony przed przepięciami łączeniowymi lub przepięciami indukowanymi pochodzenia atmosferycznego. Najczęściej warystorowe ograniczniki Typu 2 stosowane są jako drugi stopień ochrony w rozdzielnicach lokalnych poprzedzone ogranicznikiem Typu 1 w złączu lub rozdzielnicie głównej.

5.2. Koordynacja energetyczna

Przez koordynację energetyczną ograniczników przepięć należy rozumieć właściwy dobór SPD z uwzględnieniem znamionowych wartości wytrzymywanych napięć udarowych urządzeń występujących w chronionej instalacji a także w przypadku zastosowania więcej niż jednego stopnia ochrony zapewnienie prawidłowego działania kolejnych stopni ograniczników przepięć.

W normie PN-HD 60364-5-534 [7] przedstawiono wymagane wartości znamionowe napięć udarowych U_w jakie powinny wytrzymywać różne typy urządzeń. W Tabeli 2. Zawarto wartości U_w odpowiadające typowej w Polsce instalacji o napięciu znamionowym 230/400 V. Zgodnie z wymaganiami normy napięciowy poziom ochrony ogranicznika przepięć w żadnym wypadku nie może być wyższy niż znamionowe napięcie udarowe chronionego urządzenia, zaleca się aby wartość U_p nie przekraczała 80 % wartości U_w . Uwzględniając podane wartości U_w praktycznie w każdej instalacji elektrycznej należy zapewnić napięciowy poziom

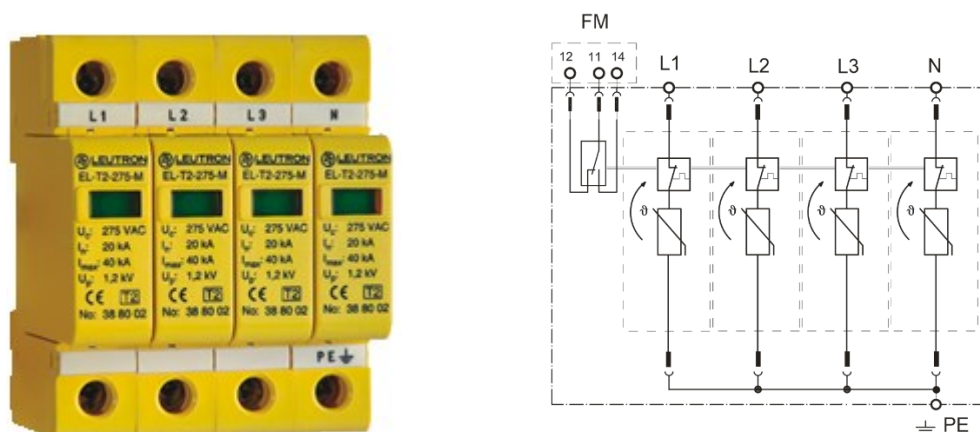
ochrony nie wyższy niż 2,5 kV, a dla części instalacji zawierających wrażliwe urządzenia elektroniczne poziom ochrony powinien być dodatkowo obniżony do wartości nie wyższej niż 1,5 kV.

Tabela 2. Wymagane znamionowe napięcie udarowe urządzeń [2]

Kategoria przepięć:	Wymagane znamionowe napięcie udarowe urządzeń (U_w)			
	IV	III	II	I
Przykłady urządzeń:	licznik energii elektrycznej, główne zabezpieczenia przetężeniowe	rozdzielnice, wyłączniki, gniazda wtyczkowe, przewody, urządzenia przemysłowe	sprzęt gospodarstwa domowego, elektronarzędzia	wrażliwe urządzenia elektroniczne, komputery, sprzęt RTV
Znamionowe napięcie instalacji: 230/400 V	6 kV	4 kV	2,5 kV	1,5 kV

Dla przykładu rozpatrzmy sytuację, w której jako pierwszy stopień ochrony stosuje się ogranicznik przepięć Typu 1 o napięciowym poziomie ochrony $U_p \leq 4$ kV. Dla zapewnienia koordynacji z typowymi urządzeniami elektrycznymi (o znamionowym napięciu udarowym $U_w = 2,5$ kV) konieczne jest w tej sytuacji zastosowanie drugiego stopnia ochrony w postaci ograniczników przepięć Typu 2, które charakteryzują się typowo poziomem ochrony $U_p \leq 1,5$ kV. Należy przy tym mieć na uwadze, że dla zapewnienia koordynacji między kolejnymi stopniami SPD konieczna jest odpowiednia odległość (długość trasy kablowej) między złączem/rozdzielnicą z zainstalowanym ogranicznikiem Typu 1 a miejscem montażu ogranicznika Typu 2. Jeżeli odległość ta będzie zbyt mała (np.: instalacja SPD Typu 2 w tej samej rozdzielnicy co SPD Typu 1) to w przypadku wystąpienia przepięcia ogranicznik Typu 1 może nie zadziałać, przez co ogranicznik Typu 2 może być narażony na udary o energii przekraczającej jego graniczne parametry wytrzymałościowe i ulec uszkodzeniu. Im wyższe jest napięcie zadziałania SPD Typu 1 tym większa jest wymagana odległość od kolejnego stopnia ochrony. Obecnie nowoczesne ograniczniki przepięć Typu 1 charakteryzują się już znacznie niższymi wartościami $U_p \leq 2,5$ kV co znacznie ułatwia koordynację kolejnych stopni ochrony.

Przy projektowaniu ochrony przed przepięciami należy pamiętać, że największą część energii przepięć do uziemienia ma za zadanie odprowadzić pierwszy stopień ochrony w postaci ogranicznika Typu 1, a kolejne stopnie powinny charakteryzować się coraz niższymi napięciowymi poziomami ochrony.



EL-T2/4+0-275-FM (nr kat. 388 102)

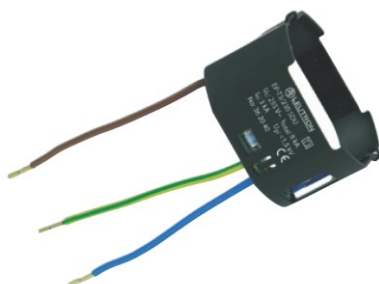
Rys. 4. Ogranicznik przepięć Typu 2 do sieci TN-S produkcji LEUTRON

W przypadku budynków małogabarytowych, do których można przykładowo zaliczyć domy jednorodzinne lub warsztaty, lub w sytuacji gdzie z rozdzielnic głównej bezpośrednio zasilane są urządzenia końcowe, nie zawsze jednak jest możliwość zastosowania drugiego stopnia ochrony. W takich obiektach zastosowanie mogą mieć ograniczniki Typu 1+2. Norma PN-EN 61643-11 [6] dopuszcza do stosowania rozwiązania, które spełniają jednocześnie wymagania zarówno dla ograniczników Typu 1, jak i ograniczników Typu 2. Ograniczniki takie charakteryzować się powinny jednocześnie dużą wytrzymałością udarową oraz niższym napięciowym poziomem ochrony. Przykładem mogą stanowić ograniczniki Typu 1+2 charakteryzujące się wytrzymałością $I_{imp} = 25$ kA na pole oraz napięciowym poziomem ochrony $U_p = 1,5$ kV (np. dla sieci TNC ogranicznik CT-T1+2/3+0-350-FM nr kat. 960 003 produkcji LEUTRON).

W niektórych przypadkach dla zapewnienia koordynacji z chronionymi urządzeniami konieczne może być stosowanie trzeciego stopnia ochrony w postaci ograniczników Typu 3. Dotyczy to przede wszystkim wrażliwych systemów automatyki, urządzeń komputerowych czy także obecnego w każdym domu sprzętu RTV. W obiektach przemysłowych mogą to być rozwiązania w postaci urządzeń instalowanych na szynach montażowych (Rys. 5a), natomiast w obiektach biurowych lub mieszkalnych zastosowanie znajdują ograniczniki instalowane w puszkach kablowych (Rys. 5b) lub tzw. przenośne SPD. Przykładem przenośnego SPD jest także potocznie zwana „listwa przepięciowa” z której niemal w każdym domu zasilane są telewizory LCD lub sprzęt komputerowy. Najczęściej jakość zabezpieczeń w dostępnych na rynku tego typu listwach jest bardzo niska i nie potwierdzona wymaganymi badaniami. Dostępne są jednak również rozwiązania profesjonalne takie jak CPS-F 230/RJ45/RJ11 (Rys. 5c) w postaci adaptera do gniazd zasilających, który dodatkowo pozwala na zabezpieczenie sieci Ethernet oraz linii telefonicznej.



a) CT-T3/275V-16A-FM
(nr kat. 380 028)



b) EnerPro-T3/230 SDU
(nr kat. 362 040)



c) CPS-F 230/RJ45/RJ11
(nr kat. 325 045)

Rys. 5. Rodzaje ograniczników przepięć Typu 3 produkcji LEUTRON:
a) do montażu na szynie; b) do montażu w puszcze kablowej; c) przenośne

6. Podsumowanie

Aktualna wersja normy zharmonizowanej PN-HD 60364-4-443, przywołana w ostatniej nowelizacji rozporządzenia w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, wprowadza nowe wytyczne odnośnie wymogu stosowania ochrony przed przepięciami bazujące na procedurze oceny ryzyka. Przeprowadzone przykładowe obliczenia teoretyczne ukazują, że znowelizowane wytyczne są znacznie bardziej rygorystyczne od wymagań poprzedniej wersji normy. Według nowych kryteriów, w Polsce ochrona przed przepięciami instalacji elektrycznych będzie wymagana niemal w każdym przypadku. Należy także pamiętać, że nawet jeżeli według wymogów dotyczących instalacji elektrycznych ochrona ta nie będzie wymagana to może być konieczna z punktu widzenia ochrony odgromowej.

W każdym przypadku, w którym ochrona przed przepięciami jest wymagana należy również brać pod uwagę prawidłowy dobór ograniczników przepięć w zależności od występujących typów zagrożeń. Jedynie skoordynowany układ SPD, uwzględniający parametry instalacji obiektu, zapewnia skuteczną ochronę przed skutkami oddziaływania wyładowań atmosferycznych.

Literatura

- [1] PN-EN 62305-2 Ochrona odgromowa -- Część 2: Zarządzanie ryzykiem
- [2] PN-HD 60364-4-443:2016 Instalacje elektryczne niskiego napięcia -- Część: 4-443: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa -- Ochrona przed zaburzeniami napięciowymi i zaburzeniami elektromagnetycznymi -- Ochrona przed przejściowymi przepięciami atmosferycznymi lub łączeniowymi
- [3] H. Lorenc, *Atlas Klimatu Polski*, IMGW 2005
- [4] M. Łoboda, *Aktualizacja danych o częstości doziemnych wyładowań atmosferycznych w Polsce do oceny ryzyka zagrożenia piorunowego obiektów budowlanych*, Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej 289, Elektrotechnika 33, RUTJEE, z. 33, styczeń-grudzień 2013, s. 159-169
- [5] www.nowcast.pl

- [6] PN-EN 61643-11:2013 Niskonapięciowe urządzenia ograniczające przepięcia --
Część 11: Urządzenia ograniczające przepięcia w sieciach elektroenergetycznych
niskiego napięcia -- Wymagania i metody badań
- [7] PN-HD 60364-5-534:2016 Instalacje elektryczne niskiego napięcia -- Część 5-534:
Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego -- Odłączanie izolacyjne, łączenie i
sterowanie -- Urządzenia do ochrony przed przejściowymi przepięciami
- [8] www.leutron.de
- [9] www.rst.pl