

# Dobór i zastosowanie napowietrznych ograniczników przepięć nn

Roman Kłopotcki

Celem artykułu jest przybliżenie zagadnień ochrony przeciwprzebieciowej realizowanej w warunkach napowietrznych sieci nn. W dostępnej literaturze fachowej można znaleźć wiele artykułów na temat wielostopniowej ochrony przeciwprzebieciowej w obiektach, natomiast stosunkowo mało jest informacji odnośnie pierwszego stopnia ochrony, jakim jest ogranicznik klasy A – instalowany w miejscach począwszy od transformatora SN/nn, poprzez całą sieć rozdzielczą nn, a skończywszy na przyłączach napowietrznych budynków. Zagadnienie zostało omówione na przykładzie zastosowania ogranicznika Etitec A firmy ETI Polam.

Analiza zagrożeń pochodzących od przepięć atmosferycznych, łączeniowych, indukowanych itd. nie powinna być przeprowadzana tylko i wyłącznie odnośnie zamkniętego obiektu. W ramach wielostopniowej ochrony przeciwprzebieciowej jako pierwszy stopień przewidziane jest zainstalowanie ogranicznika napowietrzego klasy A (według VDE 0675). Zatem analiza ochrony przeciwprzebieciowej 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. Jako przykład może tu posłużyć ogranicznik przepięć typu Etitec A firmy ETI Polam, dostępny z wieloma wersjami zacisków. Jego właściwości opisane zostały w dalszej części artykułu.

Zastosowanie ograniczników klasy A znacząco poprawia warunki pracy sieci nn i umożliwia harmonijną współpracę ochrony przeciwprzebieciowej wielostopniowej na dalszych stopniach (ograniczniki klasy B, C... itd.). Stąd też konieczność stosowania tego rodzaju ochrony w powią-

zaniu z kolejnymi stopniami ochrony, a także z ochroną przeciwprzebieciową w sieciach średniego napięcia.

## Normy i regulacje

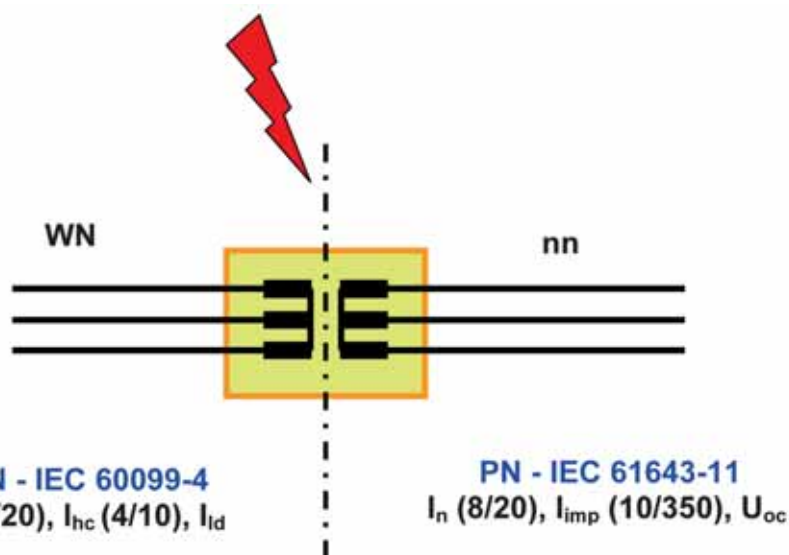
Do niedawna, z uwagi na brak odpowiedniej osobnej normy dotyczącej ograniczników niskiego napięcia, starano się wykorzystywać do badania i klasyfikacji ograniczników przepięć nn normy zapożyczone. Chodzi tutaj o normy IEC 60099-1 i IEC 60099-4. Dotyczą one beziskiernikowych ograniczników przepięć SN i WN (IEC 60099-4) i ograniczników iskiernikowych (IEC 60099-1).

Normy, które obowiązują w zakresie ograniczników przepięć nn można podzielić na dwie kategorie:

- I – dotyczące samych urządzeń chroniących,
- II – dotyczące stosowania.

### Kategoria I

Do kategorii I norm zalicza się: VDE 0675, która jako pierwsza wprowadziła pojęcie wielostopniowej ochrony przeciwprzebieciowej, ale która dotyczy przede wszystkim ograniczników wewnętrznych, od klasy B począwszy. Kluczem klasyfikacji w tym przypadku jest miejsce zainstalowania ogranicznika.



Rys. 1. Podział norm dotyczących ograniczników przepięć



Rys. 2.  
Wersja ogranicznika  
Etitec A 15 kA – O  
z odłącznikiem  
i zaciskiem  
na linię niez izolowaną

Drugim i w chwili obecnej najważniejszym i obowiązującym aktem normatywnym jest norma IEC 61643 ze zmianami (polskie wydanie PN-IEC 61643). Kluczem klasyfikacji urządzeń (nazywanych w tym przypadku SPD – *Surge Protection Devices*) jest klasa prób w zależności od konstrukcji wewnętrznej: I, II lub III klasa prób.


### Kategoria II

Kategoria II aktów normatywnych dotyczy zastosowania samych ograniczników przepięć w sieci nn. Do tych regulacji należą:

- PN-E-05100-1: 1998, która dotyczy budowy sieci napowietrznych,
- „Ochrona sieci elektroenergetycznych od przepięć. Wskazówki wykonawcze” wydane przez PTPIREE, które są w zasadzie kontynuacją dokumentu zatwierdzonego przez Ministerstwo Energetyki i Energii Atomowej „Ochrona sieci elektroenergetycznych od przepięć. Wskazówki wykonawcze do Przepisów Budowy Urządzeń Elektrycznych”.

Te dwa dokumenty obecnie stanowią podstawę do stosowania ograniczników przepięć, w tym ograniczników przepięć nn. Do dwóch powyżej opisanych dokumentów należy dodać jeszcze normę PN-IEC 60364-4-443. W przypadku ochrony przed przepięciami dotyczy ona, oprócz innych zagadnień, tzw. kategorii przepięć, ale tylko w instalacjach elektrycznych w obiektach budowlanych począwszy od kategorii przepięć I do IV.

### Dobór ograniczników do warunków sieciowych

Prawidłowy dobór ograniczników przepięć powinien uwzględniać przynajmniej podstawowe parametry, jakimi są:  62

- napięcie pracy ciągłej  $U_c$  (w zależności od typu sieci),
- znamionowy prąd wyładowczy  $I_n$ ,
- maksymalny prąd wyładowczy  $I_{max}$  (względnie  $I_{imp}$ ),
- wytrzymałość na przepięcia TOV,
- napięciowy poziom ochrony  $U_p$ ,
- zakres temperatur pracy,
- rodzaje zacisków przyłączeniowych.

### Napięcie pracy ciągłej $U_c$

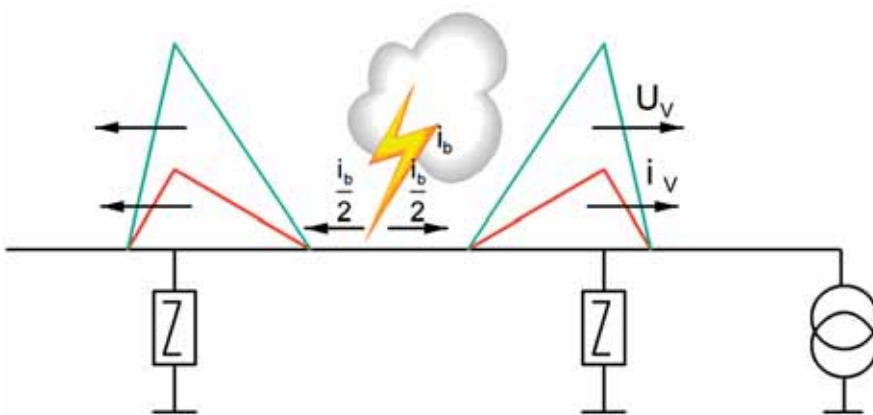
Napięcie pracy ciągłej  $U_c$  jest to maksymalna wartość skuteczna napięcia zmiennego lub maksymalne napięcie stałe, które może być przyłożone w sposób ciągły do ogranicznika. Jest ono równe napięciu znamionowemu. Napięcie to ma decydujące znaczenie, jeżeli chodzi o żywotność i skuteczność ochrony warystorowych ograniczników przepięć, które są najpowszechniej obecnie stosowanym typem ograniczników. We wspomnianej wyżej normie (PN-E- 05100-1) i „Wskazówkach wykonawczych” znajduje się zalecenie do stosowania ograniczników z  $U_c = 500$  V, natomiast „Wskazówki wykonawcze” dodają uzupełnienie, iż w obwodach pomocniczych, sygnalizacji i oświetlenia dopuszcza się stosowanie ograniczników  $U_c = 280$  V. Ograniczniki przepięć typu Etitec A posiadają w swoim zakresie obydwie te wartości napięcia, a także  $U_c = 660$  V (patrz tabela 1). Zasady doboru podane w obu dokumentach są pewnym uproszczeniem, ponieważ napięcie pracy ciągłej powinno być określane w zależności od typu sieci, zgodnie z zależnością:

$$U_c \geq U_m$$

Gdzie  $U_m$  jest najwyższą wartością napięcia międzyfazowego mogącego wystąpić w normalnych warunkach pracy sieci. Szczegółowe informacje podano w tabeli 2.

### Znamionowy prąd wyładowczy $I_n$

Znamionowy prąd wyładowczy  $I_n$  – jest to wartość szczytowa prądu płynącego przez ogranicznik o kształcie  $8/20 \mu s$ . Jest on używany do klasyfikacji ogranicznika w próbach klasy II oraz do tzw. kondycjonowania ogranicznika w próbach klasy I i II. Najczęściej spotykaną wartością  $I_n$  jest 5 kA. Ograniczniki Etitec A posiadają także wersję 15 kA, której zastosowanie jest opisane w dalszej części artykułu.



Rys. 3. Typowe wielkości przy przepływie prądu piorunowego: prąd udarowy  $i_b = 20$  kA  $\Rightarrow i_b / 2 = 10$  kA, impedancja falowa linii  $Z_w = 400 \Omega \Rightarrow U_v = 4000$  kV

Tabela 1. Podstawowe parametry ograniczników przepięć nn typu Etitec A

Parametry techniczne	Etitec A 280/5	Etitec A 500/5	Etitec A 660/5	Etitec A 280/15	Etitec A 500/15	Etitec A 660/15
Napięcie pracy ciągłej $U_c$ [V]	280	500	660	280	500	660
Znamionowy prąd wyładowczy $I_n$ [kA]	5	5	5	15	15	15
Maksymalny prąd wyładowczy $I_{max}$ [kA]	10	10	10	30	30	30
Poziom ochrony $U_p$ przy prądzie $I_n$ [V]	950	1500	1750	1600	2000	2200
Zakres temperatur pracy [°C]	od -40 do +80					
Wyposażenie w odłącznik	nie	nie	nie	tak	tak	tak










Tabela 2. Dobór napięcia pracy ciągłej  $U_c$  w zależności od typu sieci i sposobu połączenia ogranicznika

Układ sieci/ sposób połączenia	TN-S	TN-C	TN-C-S	TT	IT
Pomiędzy fazą (L1, L2, L3) a przewodem PEN lub PE względnie 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

Tabela 3. Wyciąg z wymagań dotyczących wytrzymałości ograniczników przepięć na przepięcia TOV (odniesiono do sieci 230/400 V)

Sposób połączenia ogranicznika	Minimalna wartość napięcia UT wytrzymywanego przez ogranicznik w ciągu 5 sek.	Minimalna wartość napięcia UT wytrzymywanego przez ogranicznik w ciągu 0,2 sek.
<b>Układy TN</b>		
L-(PE)N lub L-N	333,5 V	-
<b>Układ TT</b>		
L-PE	398,4 V	1430 V
L-N	333,5 V	-
N-PE	-	1200 V
<b>Układ IT</b>		
L-PE	-	1430 V
L-N	333,5 V	-
N-PE	-	1200 V
<b>Układy TN, TT i IT</b>		
L-PE	398,4 V	1430 V
L-(PE)N	333,5 V	-
N-PE	-	1200

**Tabela 4. Zestawienie wersji zacisków liniowych stosowanych w ograniczniku przepięć typu Etitec A (500/5 bez odłącznika i wskaźnika uszkodzenia)**

Oznaczenie	Typ zacisku liniowego	Zastosowanie
Etitec A .../.../A		Zacisk metalowy odporny na korozję
Etitec A .../.../B		Linie „gole” do 120 mm <sup>2</sup>
Etitec A .../.../B		Zacisk podwójny obustronnie przebijający izolację
Etitec A .../.../C		Linie z przewodami w izolacji. Przeznaczony do realizacji przyłączy napowietrznych z linii izolowanych, przewodami w izolacji. Może pracować także jako zacisk pojedynczy. Przekroje przewodów do 95 mm <sup>2</sup> . Moment dokręcania 22 Nm
Etitec A .../.../C		Zacisk podwójny jednostronnie przebijający izolację
Etitec A .../.../D		Linie z przewodami w izolacji. Nadaje się także do realizacji przyłączy napowietrznych z linii „golych”, przewodami w izolacji. Może pracować jako zacisk pojedynczy. Przekroje przewodów do 95 mm <sup>2</sup> . Moment dokręcania 22 Nm
Etitec A .../.../D		Wypust w formie przewodu ASXSn 16 mm <sup>2</sup> o długości 200 mm
Etitec A .../.../E		Dostosowany do pracy w liniach izolowanych z większością podwójnych zacisków przebijających.
Etitec A .../.../E		Wersja „uniwersalna”, która potrzebna jest w przypadku wymiany ogranicznika na nowy, gdzie nie ma potrzeby wymiany całego kompletu wraz z zaciskiem liniowym.

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

Maksymalny prąd wyładowczy  $I_{max}$  jest to wartość szczytowa prądu płynącego przez ogranicznik o kształcie  $8/20 \mu s$  i wielkości zgodnie z sekwencją próby działania dla klasy II.  $I_{max}$  jest większy niż  $I_n$  (zwykle co najmniej dwukrotnie) i jest deklarowany przez producenta. Jest używany w próbie działania, by udowodnić poprawne działanie i stabilność termiczną ogranicznika.

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 10 lub 30 kA.

### Wytrzymałość na przepięcia TOV

Przepięcie TOV jest to tzw. przepięcie dynamiczne (TOV – *Temporary Overvoltage*) i w normie PN-IEC 61643-1 jest zde-



→ 63 finiwane następująco: jest to maksymalna wartość skuteczna przepięcia przemiennego lub stałego, które przekracza maksymalne napięcie pracy ciągłej sieci przez określony czas trwania. Zastosowany ogranicznik przepięć musi mieć zatem wyższą wytrzymałość na przepięcia TOV niż mogące wystąpić w sieci tego rodzaju przepięcia, zgodnie z zależnością:

$$U_T \geq U_{TOV}$$

gdzie:

$U_T$  – wytrzymałość ogranicznika na przepięcia TOV (kV),

$U_{TOV}$  – wartość przepięć TOV występujących w sieci (kV)

Wymagania normy w tym zakresie zostały zestawione w tabeli 3.

### Napięciowy poziom ochrony $U_p$

Napięciowy poziom ochrony  $U_p$  jest parametrem charakteryzującym działanie ogranicznika w zakresie skuteczności ograniczania napięcia na jego zaciskach. Jest to wartość podawana przez producenta.

Generalną zasadą doboru jest to, aby  $U_p$  ogranicznika zastosowanego w linii napowietrznej nn był niższy niż 6 kV (dla sieci 230/400 V). Z reguły stosowane ograniczniki posiadają znacznie lepsze poziomy  $U_p$ , np. dla Etitec A –  $U_p$  wynosi  $\geq 2,0$  kV ( $U_c = 500$  V,  $I_n = 15$  kA). Im mniejsza wartość  $U_p$ , tym lepsze właściwości ochronne ogranicznika. Stąd też zalecana dbałość o dobór jak najniższej możliwej wartości  $U_c$ , ponieważ im mniejszy poziom  $U_c$ , tym również mniejsza, a tym samym lepsza wartość  $U_p$ . Parametry  $U_p$  ogranicznika przepięć Etitec A zestawiono w tabeli 1.

### Zakres temperatur pracy

Zakres temperatur pracy dotyczy odporności ogranicznika przepięć na niekorzystne warunki atmosferyczne. Wymaga to od producentów konstruowania szczelnych w 100% ograniczników, ale także zastosowania odpowiednich materiałów odpornych na skoki temperatury. Ogranicznik przepięć musi posiadać szerszy zakres temperatur pracy niż mogący wystąpić w jego otoczeniu. Zakres temperatur pracy ograniczników Etitec A wynosi od  $-40^\circ\text{C}$  do  $+80^\circ\text{C}$ .

### Rodzaje zacisków przyłączeniowych

Zaciski liniowe w zależności od wersji są przeznaczone do różnych typów prze-



Rys. 4. Ograniczniki Etitec A z zaciskiem B na linię izolowaną

wodów. Szczegółowe rozwiązania są przedstawione w tabeli 4. Generalnie wersje ogranicznika typu Etitec A są przeznaczone do sieci z przewodami „gołymi” – bez izolacji lub dla sieci z przewodami w izolacji (typu ASXSn). Istnieje także wersja „uniwersalna” (rys. 5), która służy wyłącznie do wymiany ograniczników, które zostały zużyte po wieloletniej eksploatacji. Po wykręceniu „starego” wkręca się tę wersję, bez potrzeby wymiany całego kompletu z zaciskiem.

Zacisk uziomowy PE jest dostosowany do podłączenia bezpośrednio giętkiego przewodu uziomowego Al lub Cu do  $25\text{ mm}^2$ .

### Zastosowanie i wskazówki montażowe

Zasady zastosowania napowietrznych ograniczników przepięć są opisane w wymienionej wcześniej normie PN-E-05100-1: 1998 oraz we „Wskazówkach...” wydanych przez PTPiREE. Generalnie można stwierdzić, że komplety ograniczników przepięć powinny być instalowane:

- dla transformatorów SN/nn – po stronie wtórnej transformatora (sensownym w tym przypadku jest zastosowanie ograniczników z  $U_c = 500$  V z uwagi na możliwe wahania poziomu napięcia oraz z  $I_n = 15$  kA, z uwagi na koszt transformatora i znacznie lepsze zdolności wytrzymywania energii pochłoniętych udarów przez ogranicznik 15 kA i w rezultacie

- skuteczniejszą ochronę transformatora),
- przy każdym przejściu linii napowietrznej w kablową i odwrotnie,
- na każdym przyłączu napowietrznym, chyba że jest spełniony warunek polegający na tym, że ograniczniki przepięć są zainstalowane w odległości nie dalszej niż 300 m,
- w przypadku rozległej linii napowietrznej należy przestrzegać wcześniejszego warunku 300 m, co oznacza że maksymalna odległość pomiędzy kompletami ograniczników powinna wynosić co najwyżej 300 m,
- wersje z odłącznikiem (O) (rys. 2), który pełni również rolę sygnalizatora uszkodzenia należy instalować tam, gdzie często odcinki sieci są poddawane oględzinom, ponieważ dla urządzeń wyłączających zwarcia doziemne, w przypadku uszkodzenia ogranicznika, zwarcie przez ten rodzaj ogranicznika może być „odczytane” jako zwarcie przemijające i faza może pozostać bez ochrony.

### Wskazówki montażowe

Najważniejsze zasady montażu ograniczników napowietrznych są następujące:

- należy przestrzegać, aby odległość pomiędzy ogranicznikiem a urządzeniem chronionym była jak najmniejsza (np. ograniczniki stosowane do ochrony transformatorów powinny być instalowane bezpośrednio na transformatorze),
- należy zwrócić uwagę, aby przekroje



Rys. 5. Ograniczniki Etitec A z zaciskiem A na linię niez izolowaną

przewodów uziomowych nie były mniejsze niż 10 mm<sup>2</sup> (Cu) i 16 mm<sup>2</sup> (Al),

- przewody łączące ogranicznik z chronionym przewodem fazowym i uziemieniem powinny być możliwie jak najkrótsze, z powodu odkładania się na nich napięcia rzędu kilkuset kV (rys. 3) przy przepływie prądów udarowych,
- ograniczniki instalowane w liniach zaleca się lokalizować w miejscach uziemienia przewodu ochronnego PE lub ochronno-neutralnego PEN. W innych przypadkach należy wykonać uziom, z którym należy łączyć przewód PE lub PEN, do którego połączony będzie zacisk uziomowy ogranicznika,
- rezystancja uziemienia ograniczników przepięć nie powinna być większa niż 10 Ω,
- wersje ograniczników z odłącznikiem muszą być połączone z uziemieniem przewodem giętkim (linka). Niedopuszczalne jest stosowanie bednarki lub sztywnych przewodów.

### Zakończenie

W niniejszym artykule poruszono podstawowe zagadnienia doboru i zastosowania napowietrznych ograniczników przepięć nn Etitec. Nie wyczerpano całości zagadnienia, ponieważ pozostała do opisanie cała materia innych zagadnień, takich jak: pochodzenie i rodzaje przepięć, klasyfikacja ograniczników przepięć zgodnie z PN-IEC 61643-1, opis niezbędnych prób ograniczników, dobór ze względu na wytrzymałości energetyczne ograniczników

czy koordynacja pomiędzy ogranicznikami i zastosowanie ich w sieciach prądu stałego.

Niemniej jednak starano się wykazać, że istnieją proste kryteria doboru napowietrznych ograniczników przepięć – na przykładzie ogranicznika Etitec A firmy ETI Polam. Podane zostały także podstawowe dane, które są niezbędne do realizacji prawidłowego doboru. Istotne są także wymienione wskazówki dotyczące zastosowania i montażu. Na uwagę zasługuje przede wszystkim fakt, iż ograniczniki napowietrzne są niezbędnym stopniem ochrony w koncepcji wielostopniowej ochrony przeciwprzepięciowej, a ich instalowanie harmonizuje i polepsza pracę kolejnych ograniczników już zastosowanych w obiektach.

inż. **Roman Kłopotcki**  
 Autor pracuje  
 jako product manager  
 w firmie ETI Polam



### KONTAKT

#### ETI-Polam Sp. z o.o.

06-100 Pułtusk  
 ul. Jana Pawła II 18  
 tel. (23) 691 93 00  
 fax (23) 692 32 12  
 e-mail: etipolam@etipolam.com.pl  
 www.etipolam.com.pl