

**Centrum Ochrony
przed Przepięciami i Zakłóceniami Elektromagnetycznymi
w Białymstoku**



Ograniczniki Typu i ograniczniki kombinowane - klasyfikacja urządzeń do ograniczania przepięć dla sieci elektroenergetycznych niskiego napięcia

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, luty 2019 r.

1. Wstęp

Obecna klasyfikacja ograniczników przepięć dla instalacji zasilania elektroenergetycznego niskiego napięcia wynika z zapisów normy PN-EN 61643-11 „*Niskonapięciowe urządzenia ograniczające przepięcia -- Część 11: Urządzenia ograniczające przepięcia w sieciach elektroenergetycznych niskiego napięcia -- Wymagania i próby*” [1]. Klasyfikacja ta opiera się przede wszystkim na zróżnicowaniu ze względu na wytrzymałość ograniczników przepięć na prądy udarowe. Z uwagi na obecnie stosowaną klasyfikację normatywną mamy do czynienia z ogranicznikami danego Typu, które są badane według określonych klas prób. Czytając dostępne publikacje lub materiały reklamowe producentów tego typu urządzeń, można niestety zauważyć, że często mylone są pojęcia „Typów” i „klas” ograniczników lub niewłaściwie interpretowane jest pojęcie ogranicznika kombinowanego. Niniejszy artykuł ma na celu ułatwienie zrozumienia prawidłowej klasyfikacji ograniczników, zgodnej z aktualną normą.

2. Znormalizowane udary prądowe

Aby zrozumieć zasady podziału ograniczników przepięć (SPD *ang. surge protecting device*) według normy PN-EN 61643-11 [1] niezbędne jest przedstawienie podstawowej wiedzy o udarach elektrycznych, które są stosowane w czasie przeprowadzania prób typu. O wytrzymałości SPD decyduje, przede wszystkim zdolność odprowadzenia prądów udarowych. Wartość maksymalna napięcia udaru, w przypadku ogranicznika przepięć, jest pojęciem względnym. Element nieliniowy, stanowiący podstawowy komponent konstrukcji SPD, pod wpływem udarów elektromagnetycznych ogranicza wartość napięcia na zaciskach ogranicznika do określonego poziomu przechodząc w stan przewodzenia. I właśnie zdolność do przewodzenia prądów impulsowych ma największe znaczenie dla skuteczności działania i wytrzymałości ogranicznika.

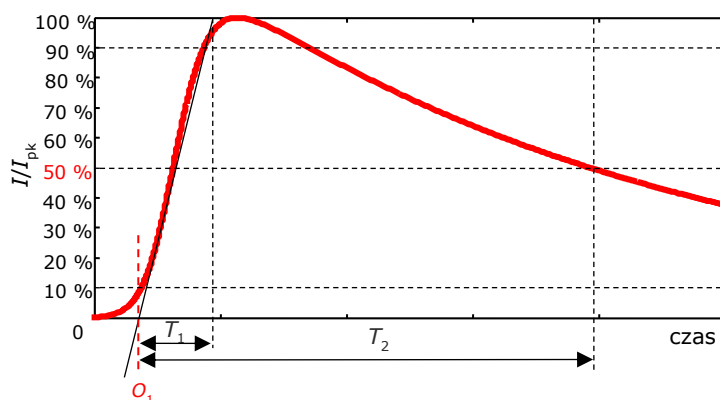
Kształt prądu udarowego opisany jest trzema podstawowymi parametrami:

I_{pk} – wartość szczytowa udaru;

T_1 – czas trwania czoła;

T_2 – czas do półszczytu.

Przykładowy sposób określania wartości parametrów czasowych impulsów wg PN-EN 62305-1 [2] przedstawiono na rysunku 1. Można spotkać się także z innymi definicjami tych parametrów, m. in. w PN-EN 61000-4-5 [3], jednak z praktycznego punktu widzenia, różnice między nimi nie mają dużego znaczenia, szczególnie, gdy weźmiemy pod uwagę fakt, że zawsze dopuszczalne są określone tolerancje co do kształtu impulsu. W przypadku udarów napięciowych parametry określa się w sposób analogiczny.



Rys. 1. Definicja udaru o kształcie I_{pk} T_1/T_2

Parametry czasowe mają praktyczne znaczenie we właściwościach udarów. Wartość szczytowa i czas trwania czoła definiują stromość udaru. Przy udarach prądowych, stromość di/dt ma bardzo duże znaczenie przy analizie wartości napięć indukowanych. Z kolei, w przypadku udarów napięciowych, stromości czoła, czyli wzrostowi szybkości narastania napięcia du/dt towarzyszy zwiększenie wartości napięcia zadziałania elementów ucinających napięcie. Czas do półszczytu przekłada się natomiast na czas trwania udaru – im jest on dłuższy, tym większa energia jest przenoszona przez udar.

Zjawiska atmosferyczne są bardzo zmienne i trudne do przewidzenia, dlatego w celu ujednoczenia parametrów, przyjęto określone znormalizowane typy udarów, które wykorzystywane są do badania elementów ochrony odgromowej i przed przepięciami.

W badaniach parametrów SPD wg PN-EN 61643-11 [1] wykorzystuje się obecnie trzy typy udarów:

- prąd udarowy I_{imp} ;
- prąd wyładowczy I_n (I_{max});
- udar kombinowany.

2.1. Udar prądu pioruna

Prąd udarowy I_{imp} symuluje bezpośrednie oddziaływanie całkowitego lub częściowego prądu pioruna. Określony jest on, między innymi w normach dotyczących ochrony odgromowej PN-EN 62305 [2], PN-EN 62561 [4] czy też właśnie w normie PN-EN 61643 [1] odnoszącej się do testowania SPD. Należy zwrócić uwagę na fakt, że udar I_{imp} nie ma ściśle określonego kształtu. Najczęściej podawany w literaturze i przez producentów SPD impuls o kształcie 10/350 μs dla I_{imp} stanowi jedynie przykład takiego udaru. Taki impuls spełnia wymagania określone w normie PN-EN 61643-11 [1] i jest on jednocześnie przyjęty jako znormalizowany kształt prądu pierwszego udaru dodatniego doziemnego wyładowania atmosferycznego [2], które przenosi największą energię.

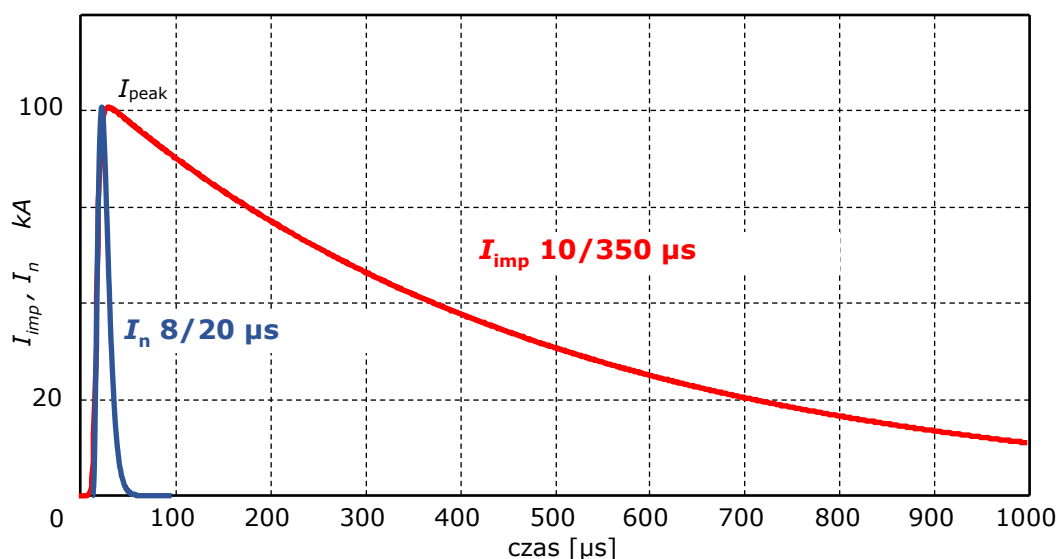
W rzeczywistości, zgodnie z zapisami norm [1, 2, 4], udar prądowy I_{imp} zdefiniowany jest wartością szczytową prądu, przenoszonym ładunkiem

elektrycznym Q oraz energią właściwą W/R , a nie ściśle określonym kształtem. Ponadto, powinien on osiągnąć założoną wartość szczytową w czasie $50 \mu\text{s}$, a ładunek oraz energię właściwą w czasie 5 ms (według niektórych standardów 10 ms). Udary spełniające wymagania I_{imp} mogą mieć zatem bardzo zróżnicowane kształty w stosunku do ogólnie przyjętego impulsu $10/350 \mu\text{s}$.

2.2. Prąd wyładowczy

Prąd wyładowczy ma przypisany kształt $8/20 \mu\text{s}$, a wartość szczytowa określana jest najczęściej jako I_n lub I_{max} . Wartość I_n określa znamionowy prąd wyładowczy, czyli taki, który ogranicznik jest w stanie wytrzymać wielokrotnie. Wartość I_{max} określa natomiast największy prąd wyładowczy, jaki SPD może odprowadzić bez uszkodzenia przynajmniej jeden raz.

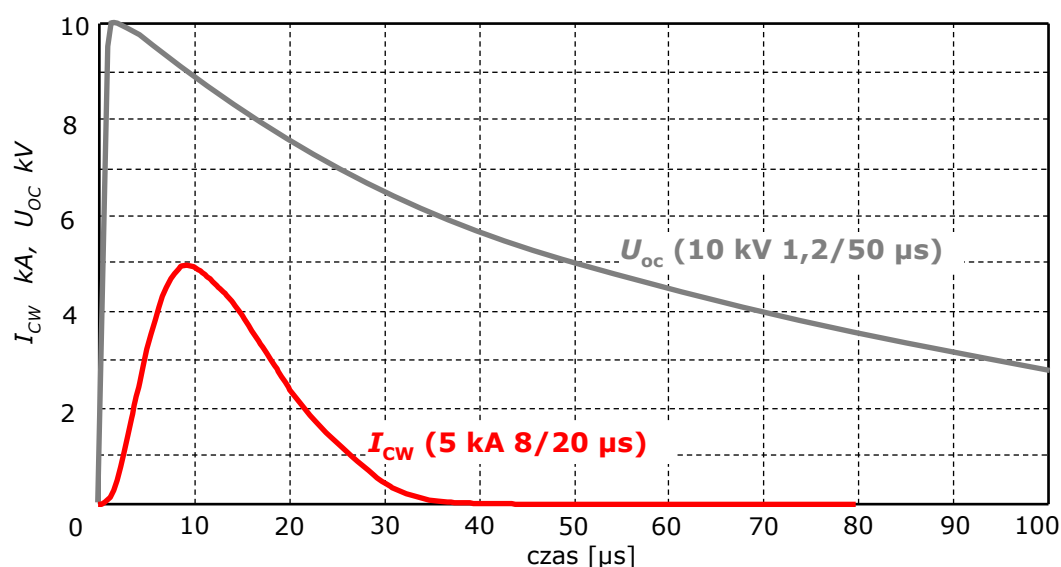
Jest to ogólnie przyjęty kształt prądów udarowych, jakie mogą indukować się na skutek oddziaływania elektromagnetycznego, powodowanego pobliskim przepływem prądu pioruna, w przypadku przebicia izolacji lub zadziałania SPD w pętlach tworzonych przez różnego rodzaju instalacje przewodzące. Zatem, podczas gdy I_{imp} odpowiada bezpośredniemu oddziaływaniu prądu pioruna lub jego części, to prądy wyładowcze są efektem oddziaływań indukcyjnych, powodowanych przepływem prądu pioruna w pewnej odległości. Prądy wyładowcze mają, co prawda - w stosunku do I_{imp} - zbliżone stromości di/dt , ale ze względu na dużo krótszy czas do półszczytu, przenoszą znacznie mniejsze energie, niż bezpośrednie udary piorunowe (Rys. 2.).



Rys. 2. Porównanie znormalizowanych kształtów udarów prądu pioruna I_{imp} i prądu wyładowczego I_n

2.3. Udar kombinowany

Wymagania dla ostatniego typu udaru są znacznie bardziej szczegółowo ustalone niż w przypadku udarów I_{imp} i I_n , dla których określone są jedynie wymagania odnośnie prądu udarowego. Udar kombinowany jest inaczej zwany udarem napięciowo-prądowym, gdyż generator takich udarów, przy rozwartych zaciskach wyjściowych, powinien wytwarzać udar napięciowy o kształcie U_{oc} 1,2/50 μs oraz udar prądowy o kształcie I_{cw} 8/20 μs przy ich zwarciu. Wymaga się ponadto, aby impedancja wewnętrzna generatora wynosiła 2 Ω . W efekcie generator naładowany do wartości 10 kV przy rozwartych zaciskach daje udar napięciowy 10 kV 1,2/50 μs , a po ich zwarciu udar prądowy 5 kA 8/20 μs (Rys. 3). A więc energie udarów kombinowanych są najmniejsze z wyżej opisanych. wartości szczytowe takich udarów prądowych są także najczęściej dużo mniejsze niż wartości prądów wyładowczych. Warto nadmienić, że udar kombinowany jest powszechnie stosowany w badaniach z zakresu kompatybilności elektromagnetycznej wszelkich urządzeń elektrycznych według normy PN-EN 61000-4-5 [3].



Rys. 3. Udar kombinowany: napięciowy 10 kV 1,2/50 μs ; prądowy 5 kA 8/20 μs

3. Typy elementów nieliniowych

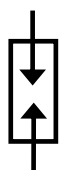
Przed omówieniem klasyfikacji SPD ważne jest także rozróżnienie podstawowych elementów stosowanych do konstrukcji ograniczników przepięć. Jak już wspomniano wcześniej każdy ogranicznik, aby spełniał poprawnie swoje funkcje, zgodnie z definicją SPD podaną w PN-EN 61643-11, musi posiadać co najmniej jeden element nieliniowy, który w warunkach wystąpienia napięcia o wartości przekraczającej określony próg jego zadziałania, przechodzi ze stanu wysokiej impedancji do stanu jego przewodzenia, zmniejszając impedancję między jego zaciskami. Ze względu na sposób, w jaki to się odbywa rozróżniamy elementy ucinające napięcie i elementy ograniczające napięcie.

Każdy **element nieliniowy**, w warunkach normalnej pracy (gdy napięcie nie przekracza wartości najwyższego napięcia trwałej pracy U_c elementu) powinien charakteryzować się bardzo dużą impedancją. **Elementy ucinające**, po przekroczeniu określonej wartości napięcia, zmieniają swoją impedancję w sposób gwałtowny, w praktyce powodując zwarcie. Takie komponenty to przede wszystkim iskierniki i odgromniki gazowe (GDT ang. gas discharge tube). Odgromnik gazowy - to typ hermetycznego iskiernika z przerwą międzyelektrodową wypełnioną gazem szlachetnym. Zadziałanie iskiernika następuje, gdy różnica napięć między jego elektrodami jest wystarczająca do przebicia przerwy wypełnionej gazem (powietrzem lub w przypadku GDT - gazem szlachetnym). Wartość napięcia zadziałania takiego ogranicznika zależy od szybkości narastania napięcia na jego elektrodach – im szybciej narasta to napięcie tym przy wyższej jego wartości nastąpi zadziałanie elementu ucinającego napięcie (tzw. „charakterystyka napięciowo-czasowa” przebicia w gazowym środowisku izolacyjnym).

Impedancja **elementów ograniczających** napięcie zmienia się natomiast w sposób ciągły w miarę wzrostu napięcia i prądu udarowego. W ogranicznikach przeznaczonych dla obwodów zasilania nn najczęściej stosuje się warystory z tlenków metali (MOV ang. metal oxide varistor). Do elementów ograniczających napięcie zalicza się także diody – te ze względu na dużo niższą wytrzymałość energetyczną, stosowane są jednak najczęściej w urządzeniach do ograniczania przepięć w torach sygnałowych. Warystory są elementami półprzewodnikowymi. Napięcia zadziałania MOV są w zasadzie niezależne od stromości zbocza udaru napięciowego.

Mając na uwadze powyższe możemy na podstawie znanego rodzaju zastosowanych elementów sklasyfikować ograniczniki przepięć jako SPD typu ucinającego napięcie i SPD typu ograniczającego napięcie. Symbole elementów nieliniowych typu ucinającego napięcie oraz ograniczającego napięcie pokazano na rysunku 4.

Elementy ucinające napięcie



a) iskiernik



b) odgromnik gazowy

Elementy ograniczające napięcie



c) warystor



d) dioda dwukierunkowa

Rys. 4. Przykładowe symbole elementów nieliniowych typu ucinającego napięcie (a, b) oraz ograniczającego napięcie (c, d)

4. Klasyfikacja ograniczników przepięć według PN-EN 61643-11

4.1. Typy i klasy prób

Analizując przyjętą klasyfikację ograniczników przepięć stosowanych do ochrony układów zasilania elektroenergetycznego nn należy przede wszystkim podkreślić, że **norma PN-EN 61643-11 definiuje Typy ograniczników i klasy prób**.

Zostało to przedstawione w jasny sposób w Tablicy 2. ostatniego wydania normy z 2013 r. (uwaga: należy odnosić się do tablicy według wersji europejskiej EN, a nie do wersji międzynarodowej IEC) lub Tablicy 1. w pierwszej edycji normy z 2006 r., wydanej w języku polskim. **Nie należy używać sformułowań w rodzaju: „ogranicznik klasy”,** a już szczególnie nie należy posługiwać się przestarzałymi oznaczeniami B, C i D, na przykład w formie określenia: „ogranicznik klasy B”. Oznaczenia B, C, D zostały zaczerpnięte z niemieckiej normy VDE 0675 Teil 6 [5] w latach 90. ubiegłego stulecia. Dla oznaczenia **klas prób** stosuje się obecnie liczby rzymskie. Z uwagi na fakt, że na polskim rynku, jako jedne z pierwszych pojawiały się ograniczniki przepięć produkowane za naszą zachodnią granicą, to zaczerpnięto wraz z nimi także ich własne nazewnictwo zawierające litery B, C, D. Należy natomiast zwrócić uwagę na fakt, że oznaczenia B, C, D mogą być stosowane, przez producentów w nazwach własnych ich produktów – co jest czasami praktykowane, szczególnie w przypadku starszych serii produktów (np.: [LEUTRON PowerPro BC TNS 25/100/FM](#)). Wypada przy tym podkreślić, że o ile producent jednocześnie podaje w swoich kartach katalogowych poprawny Typ SPD (według aktualnej normy), to nie ma najmniejszych podstaw, aby uznać stosowanie przez niego oznaczeń B, C, D w nazwach własnych urządzeń za niepoprawne. W przeszłości powszechną praktyką było używanie takich oznaczeń ograniczników w celu ułatwienia projektantom doboru SPD, gdyż o tym, z jakim typem ogranicznika mamy do czynienia, można było wywnioskować już po jego nazwie.

Tablica 1. Typy SPD i powiązane z nimi klasy prób według PN-EN 61643-11 (Tablica 2 wg [1])

Typ SPD	Klasa prób	Parametr charakterystyczny
Typ 1	Próba klasy I	I_{imp}
Typ 2	Próba klasy II	I_n
Typ 3	Próba klasy III	U_{oc}

Klasy prób są ściśle powiązane z opisanymi wcześniej rodzajami udarów I_{imp} , I_n , U_{oc} (tablica 1). Tak więc, podstawowa klasyfikacja Typów ograniczników przepięć i odpowiadających im klas prób przedstawia się następująco:

- **ograniczniki Typu 1** - badane według **próby klasy I** udarami prądowymi o określonej wartości szczytowej I_{imp} , ładunku Q i energii właściwej W/R (np.: udar I_{imp} 10/350 μ s);
- **ograniczniki Typu 2** - badane według **próby klasy II** udarami prądowymi o kształcie 8/20 μ s i wartości szczytowej I_n (i I_{max} , jeżeli jest deklarowana);
- **ograniczniki Typu 3** – badane według **próby klasy III** udarami kombinowanymi napięciowo-prądowymi (napięcie obwodu otwartego generatora U_{oc} 1,2/50 μ s, prąd zwarcia I_{cw} 8/20 μ s)

4.2. Oznakowanie urządzeń do ograniczenia przepięć w sieciach rozdzielczych niskiego napięcia

Zgodnie z zapisami punktu 7.1.1 normy [1] producent urządzenia do ograniczenia przepięć, poza deklaracją Typu ogranicznika, powinien także zawsze podać wartość parametru charakterystycznego: I_{imp} , I_n lub U_{oc} . Oznakowanie na takim SPD powinno zawierać odpowiednio symbole $\boxed{T1}$, $\boxed{T2}$ lub $\boxed{T3}$ i wartość szczytową udaru, np. dla ogranicznika Typu 1. oznakowanie może wyglądać następująco: $\boxed{T1} I_{imp} = 25 \text{ kA}$. Podawanie kształtu nie jest wymagane, ponieważ jest on określony w normie i powiązany z oznaczeniami I_{imp} , I_n i U_{oc} . Warto przy tym zauważyć, że obecnie oznaczenia T1, T2, T3 są także stosowane przez wielu producentów w nazwach własnych produktów dla ich łatwiejszej identyfikacji, tak jak to miało miejsce w przeszłości z symbolami B, C i D.

PN-EN 61643-11:2013 pkt. 7.1.1 a4):

Markings which are mandatory on the body, or permanently attached to the body, of the SPD:

(...)

a4) The SPD type and discharge parameters for each mode of protection declared by the manufacturer and printed next to each other:

- for Type 1: "Type 1" and " I_{imp} " and the value in kA, and/or " $\boxed{T1}$ " (T1 in a square) and " I_{imp} " and the value in kA (e.g. $\boxed{T1} I_{imp}: 10 \text{ kA}$);
- for Type 2: "Type 2" and " I_n " and the value in kA, and/or " $\boxed{T2}$ " (T2 in a square) and " I_n " and the value in kA (e.g. $\boxed{T2} I_n: 10 \text{ kA}$);
- for Type 3: "Type 3" and " U_{oc} " and the value in kV, and/or " $\boxed{T3}$ " (T3 in a square) and " U_{oc} " and the value in kV (e.g. $\boxed{T3} U_{oc}: 5 \text{ kV}$);

„Oznakowanie, które jest obowiązkowe na obudowie lub trwale przymocowane do obudowy SPD:

(...)

a4) typ SPD i parametry wyładowcze dla każdego trybu ochrony deklarowanego przez producenta nadrukowane jeden obok drugiego:

- dla Typu 1: „Typ 1” i „ I_{imp} ” z wartością w kA, i/lub „ $\boxed{T1}$ ” (T1 w kwadracie) i „ I_{imp} ” z wartością w kA (np. $\boxed{T1} I_{imp}: 10 \text{ kA}$);
- dla Typu 2: „Typ 2” i „ I_n ” z wartością w kA, i/lub „ $\boxed{T2}$ ” (T2 w kwadracie) i „ I_n ” z wartością w kA (np. $\boxed{T2} I_{imp} I_n: 10 \text{ kA}$);
- dla Typu 3: „Typ 3” i „ U_{oc} ” z wartością w kV, i/lub „ $\boxed{T3}$ ” (T3 w kwadracie) i „ U_{oc} ” z wartością w kV (np. $\boxed{T3} U_{oc}: 5 \text{ kV}$);

4.3. Ograniczniki przepięć spełniające wymagania kilku Typów

Na rynku można spotkać także produkty, dla których producent deklaruje więcej niż jeden Typ SPD (przykład na rys. 5). Jednocześnie można napotkać opinie sugerujące, że dla ogranicznika można podawać tylko jeden Typ SPD, a jeżeli producent deklaruje inaczej, to jest to niezgodne z normą i taki ogranicznik nie powinien być dopuszczony do obrotu. Jak jest w rzeczywistości? W dalszej części punktu 7.1.1 normy 61643-11:2013 znajduje się wyraźny zapis stwierdzający, że „ogranicznik przepięć może być sklasyfikowany według więcej niż jednej klasy prób (np. Typu 1 $T1$ i Typu 2 $T2$)”. Dla takiego ogranicznika, producent powinien przeprowadzić wszystkie próby wymagane dla każdej klasy testowania, a jeżeli jest podawana tylko jedna wartość napięciowego poziomu ochrony U_p , to powinna ona być zgodna z wszystkimi z przeprowadzonych prób. Należy zatem jednoznacznie stwierdzić, że **zgodnie z punktem 7.1.1 normy PN-EN 61643-11:2013 ogranicznik przepięć może być sklasyfikowany według więcej niż dla jednego Typu SPD.**



Rys. 5. Oznaczenie ogranicznika Typu 1+2: oznaczenia symboli $T1$ $T2$ z podaniem wartości I_{imp} i I_n

PN-EN 61643-11:2013 pkt. 7.1.1:

An SPD may be classified according to more than one test class (e.g. Type 1 $\overline{T1}$ and Type2 $\overline{T2}$). In this case, the tests required for all declared test classes shall be performed. If in such case the manufacturer declares only one protection level, only the highest protection level shall appear in the marking.

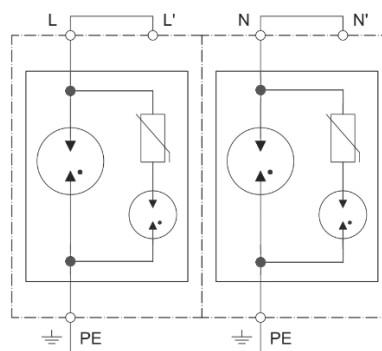
„SPD może być sklasyfikowany według więcej niż jednej klasy prób (np. Typu 1 $\overline{T1}$ i Typu 2 $\overline{T2}$). W takim przypadku, należy przeprowadzić próby wymagane dla wszystkich deklarowanych klas prób. Jeżeli w takim przypadku, producent deklaruje tylko jeden poziom ochrony, tylko najwyższy poziom ochrony będzie znajdował się na oznakowaniu”

Ograniczniki Typu 1+2 (Typu 1 + Typu 2) często są mylnie nazywane ogranicznikami kombinowanymi. W rzeczywistości, zgodnie z definicją 3.1.6 normy [1], **SPD typu kombinowanego - to wyłącznie ogranicznik złożony zarówno z elementów ucinających napięcie jak i elementów ograniczających napięcie.**

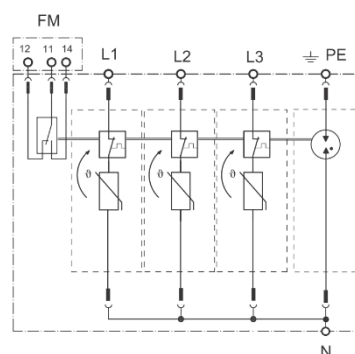
Tak więc ogranicznik Typu 1+2 może, ale nie musi być ogranicznikiem typu kombinowanego. Jest nim zawsze wtedy, gdy składa się zarówno z elementów ucinających napięcie jak i elementów ograniczających napięcie. Nie jest nim jednak, gdy przejdzie próby Typu 1 i Typu 2, a posiada wyłącznie albo elementy ucinające albo ograniczające napięcie.

Definicja ogranicznika typu kombinowanego zamieszczona w normie jest niestety dosyć ogólna i nieprecyzyjna, gdyż nie odnosi się, do sposobu konfiguracji elementów ochronnych we wnętrzu ogranicznika. W związku z tym SPD typu kombinowanego stanowią zarówno ograniczniki, które w każdej gałęzi ochronnej zawierają przykładowo kombinację układu iskiernika i warystora (np. [LEUTRON IsoPro B TN 25/50](#), Rys. 6a), ale także niektóre ograniczniki przepięć w konfiguracji połączeń CT2 (np. [LEUTRON EL-T2/3+1-275-M](#), Rys. 6b). Konfiguracja CT2 według PN-HD 60364-5-534 [6] - to przykładowo układ 3+1 z elementem sumującym, pomiędzy przewodem neutralnym a PE, który może być stosowany w sieciach trójfazowych TT i TN-S. W przypadku ograniczników Typu 2 może to być konfiguracja złożona z trzech warystorów MOV włączanych między przewody fazowe L i przewód neutralny N oraz z iskiernika sumującego, włączanego między przewód neutralny N a przewód PE.

Na rysunku 7. został z kolei przedstawiony ogranicznik przepięć Typu 1+2, który nie jest ogranicznikiem typu kombinowanego, gdyż jest wykonany wyłącznie na bazie iskierników (elementów ucinających napięcie). Spełnia on zarówno wymogi prób klasy I (prąd piorunowy $I_{imp} = 25 \text{ kA } 10/350 \mu\text{s}$) jak i wymogi prób klasy II (znamionowy prąd wyładowczy $I_n = 25 \text{ kA } 8/20 \mu\text{s}$).



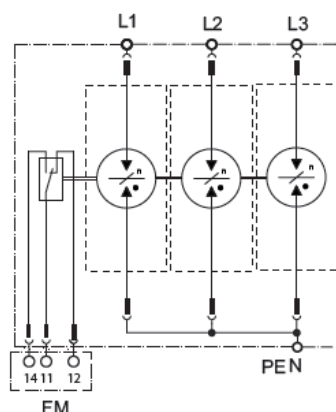
a) [LEUTRON IsoPro B TN 25/50](#)



b) [LEUTRON EL-T2/3+1-275-FM](#)

Rys. 6. Ograniczniki przepięć typu kombinowanego:

- a) ogranicznik Typu 1 z kombinacją iskierników i warystorów w każdej gałęzi ochronnej;
- b) ogranicznik Typu 2 z kombinacją warystorów i iskiernika w odrębnych gałęziach w układzie połączeń typu CT2



Rys. 7. Ogranicznik przepięć Typu 1+2 ([LEUTRON CT-T1+2/3+0-350](#)), który nie jest ogranicznikiem typu kombinowanego

5. Praktyczne właściwości SPD różnego Typu

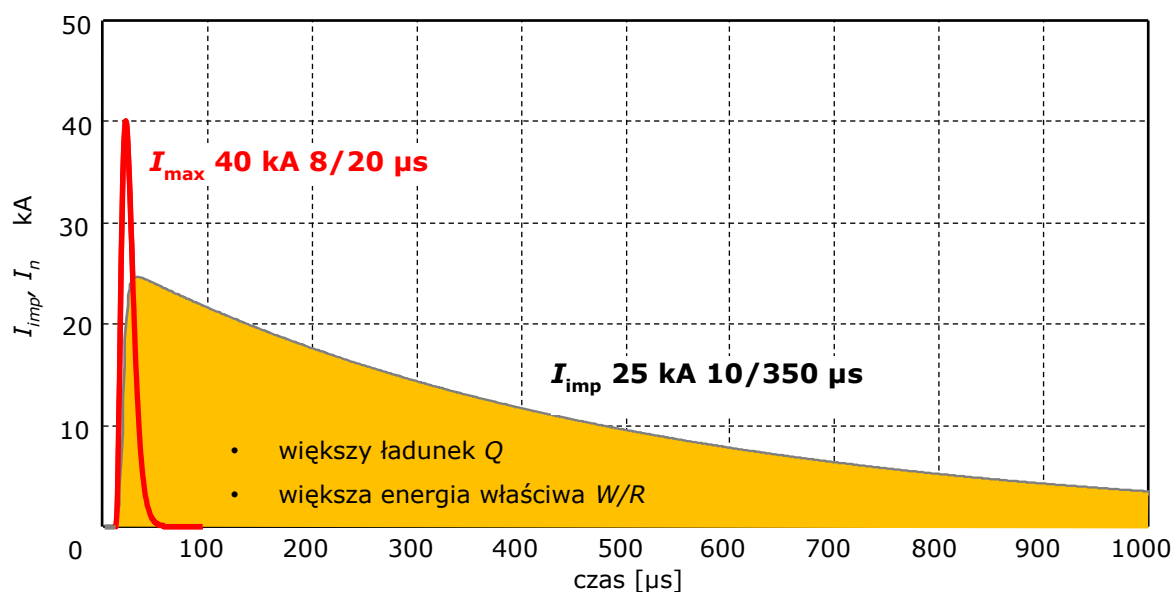
Podział ograniczników na poszczególne Typy poprzez zdefiniowane klasy prób różnicuje je przede wszystkim ze względu na ich wytrzymałość na udary. Dla łatwiejszego zrozumienia różnicy, pomiędzy ogranicznikami Typu 1 i Typu 2 porównane zostaną dwa udary stosowane do badania SPD:

- $I_{imp} = 25 \text{ kA}$, $10/350 \text{ }\mu\text{s}$ – typowy udar do badania ograniczników przepięć Typu 1 ucinających napięcie na bazie iskierników;
- $I_{max} = 40 \text{ kA}$, $8/20 \text{ }\mu\text{s}$ – typowy udar do badania ograniczników przepięć Typu 2 ograniczających napięcie na bazie warystorów MOV.

Przebiegi obu udarów przedstawiono na rysunku 8. Wartość szczytowa prądu udarowego ma duże znaczenie, przede wszystkim, jeżeli chodzi o stromość zbocza udaru. Dla $I_n = 40 \text{ kA}$ $8/20 \text{ }\mu\text{s}$ stromość wynosi w przybliżeniu $di/dt \approx 5 \text{ kA}/\mu\text{s}$ i jest dwukrotnie większa niż dla $I_{imp} = 25 \text{ kA}$ $10/350 \text{ }\mu\text{s}$ ($di/dt \approx 2,5 \text{ kA}/\mu\text{s}$). Bardziej znaczący od wartości szczytowej i stromości zbocza może być jednak czas trwania impulsu z uwagi na zależną od niego wielkość przenoszonej w impulsie energii i ładunku. Prąd udarowy $I_{imp} = 25 \text{ kA}$ przenosi ładunek $Q = 12,5 \text{ As}$ i energię właściwą $W/R = 156 \text{ kJ}/\Omega$ [2]. Prąd wyładowczy $I_n = 40 \text{ kA}$, pomimo wyższej wartości szczytowej przenosi znacznie mniejszy ładunek zbliżony do 1 As i znacznie mniejszą energię właściwą [7]. Dlatego też z uwagi na znacznie dłuższy czas trwania skutki termiczne powodowane przepływem udarów I_{imp} ($10/350 \text{ }\mu\text{s}$), będą nieporównywalnie dużo większe niż te powodowane przez prądy wyładowcze I_n ($8/20 \text{ }\mu\text{s}$).

Wytrzymałość elementów nieliniowych w dużym stopniu zależy od kształtu prądu udarowego, dlatego podając wartość szczytową istotne jest także podanie informacji dotyczących typu udaru lub jego kształtu. Dla przykładu warystory charakteryzują się dużą wytrzymałością na udary o krótkich czasach trwania, takie jak prądy wyładowcze $8/20 \text{ }\mu\text{s}$, ale są bardzo podatne na uszkodzenia przy oddziaływaniu udarów o dłuższych czasach trwania - takich jak I_{imp} $10/350 \text{ }\mu\text{s}$. Przekroczenie granicznych parametrów wytrzymałościowych warystorów skutkuje termiczną destrukcją warystorów mającą często charakter wybuchowy. Z kolei iskierniki są zdecydowanie bardziej wytrzymałe na oddziaływanie wysokoenergetycznych udarów I_{imp} $10/350 \text{ }\mu\text{s}$, ale zazwyczaj charakteryzują się wyższym napięciem zadziałania.

Z tych powodów ograniczniki wykonane wyłącznie w technologii warystorowej charakteryzują się dużo niższą wytrzymałością na udary I_{imp} . Dla ograniczników Typu 1 iskiernikowych lub typu kombinowanego typowa wytrzymałość na prądy udarowe wynosi $I_{imp} = 25 \text{ kA}$ ($10/350 \text{ }\mu\text{s}$) na moduł. Uzyskanie takiej wytrzymałości dla SPD bazującego wyłącznie na elementach warystorowych wiązałoby się z jego bardzo dużymi i niepraktycznymi wymiarami. Dla ograniczenia prądów piorunowych zaleca się więc stosowanie ograniczników Typu 1 zawierających element ucinający napięcie w każdej gałęzi ochronnej, wykonanych w technologii iskiernikowej lub typu kombinowanego.



Rys. 8. Porównanie uderów prądowych typowych do prób badania wytrzymałości ograniczników przepięć Typu 1 (iskiernikowych) i Typu 2 (warystorowych)

Ograniczniki przepięć Typu 1 cechują się zatem dużo wyższą odpornością na udary prądowe niż ograniczniki Typu 2. Najniższą odporność udarową charakteryzują się ograniczniki Typu 3, ale te z kolei służą jedynie do ochrony końcowej i zapewnienia odpowiednio niskiego napięciowego poziomu ochrony.

Można zatem stwierdzić, że z punktu widzenia odporności na udary, niemal każdy ogranicznik przepięć Typu 1 bez problemu przejdzie próby przewidziane dla SPD Typu 2 - a więc, każdy producent mógłby oferować ograniczniki spełniające jednocześnie wymagania dwóch lub nawet trzech klas testowania. W praktyce wygląda to jednak inaczej. Deklarowanie więcej niż jednego Typu SPD jest uzasadnione jedynie z punktu widzenia napięciowego poziomu ochrony U_p . Przykładowo, ograniczniki Typu 1+2 (Typu 1 + Typu 2) oznaczone np. jako $T1$ $T2$ powinny charakteryzować się wytrzymałością na udary prądowe odpowiadającą ogranicznikom Typu 1 i napięciowym poziomem ochrony odpowiadającym ogranicznikom Typu 2. Nieuzasadnione byłoby deklarowanie Typu 1+2 dla ogranicznika przy napięciowym poziomie ochrony $U_p \leq 2,5$ kV lub wyższym.

Jeszcze do niedawna typowy napięciowy poziom ochrony, ograniczników przepięć Typu 1 deklarowano jako $U_p \leq 4$ kV. Powiązane to było bezpośrednio z wymaganym według PN-HD 60364-4-443 (Tablica 2.) [8] maksymalnym poziomem napięcia udarowego wytrzymywanego przez chronione urządzenia. Jest to poziom wystarczający dla bezpiecznej pracy rozdzielnic i elementów (wyłączniki, gniazda, przewody) instalacji zasilania elektroenergetycznego o znamionowym napięciu 230/400 V. Będzie to jednak zbyt wysoka wartość dla wytrzymałości typowych urządzeń zasilanych z tych instalacji. Obecne ograniczniki, charakteryzują się znacznie lepszymi parametrami technicznymi i dla profesjonalnych [SPD Typu 1](#) poziom ochrony wynosi typowo $U_p \leq 2,5$ kV (II kategoria przepięć). Nie jest to jednak w dalszym ciągu, poziom wystarczający dla wrażliwych urządzeń elektronicznych, które wymagają zapewnienia poziomu $U_p \leq 1,5$ kV

odpowiadającego I. kategorii przepięć. W przypadku urządzeń zasilanych z rozdzielnic lokalnych, wyposażonych w drugi stopień ochrony ([SPD Typu 2](#)) zapewnienie takiego poziomu ochrony nie stanowi obecnie problemu. Często jednak, wrażliwe urządzenia elektroniczne są zasilane bezpośrednio z rozdzielnic głównych i już w tej lokalizacji, należy zapewnić im odpowiednio skuteczną ochronę. Problem ten, często dotyczy także obiektów małogabarytowych, gdzie poza rozdzielnicą główną nie występują rozdzielnice lokalne.

Tablica 2. Wymagane znamionowe napięcie udarowe urządzeń [8]

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 prawidłowego skoordynowania energetycznego producent ograniczników powinien określić, czy dla zastosowania kolejnego stopnia SPD należy wykorzystać indukcyjność przewodów linii zasilania, czyli zachować odpowiednią odległość od ogranicznika Typu 1 czy, z uwagi na zbyt małą odległość między tymi stopniami ochrony, konieczne jest zastosowanie dodatkowej indukcyjności sprzęgającej. Nawet jeżeli, według producenta, ogranicznik Typu 2 można instalować bezpośrednio obok ogranicznika Typu 1, to zawsze będzie to skutkowało ponoszeniem dodatkowych kosztów i zapotrzebowaniem na większą przestrzeń w rozdzielnicy. W takich przypadkach, zastosowanie znajdują ograniczniki Typu 1+2 o obniżonym napięciowym poziomie ochrony, spełniające wymagania więcej niż jednej klasy prób testowania. Z tego powodu użycie [ograniczników Typu 1+2](#), zapewniających niski poziom $U_p \leq 1,5$ kV jest najczęściej znacznie tańsze niż wykorzystanie oddzielnych ograniczników Typu 1 i ograniczników Typu 2 – zapewnia to zatem oszczędność, zarówno finansową jak i przestrzeni montażowej.

Ograniczniki Typu 1+2 znajdują wygodne zastosowanie jako jedyny środek ochrony do zabezpieczania obiektów małogabarytowych, takich jak kontenery i wolnostojące szafy aparaturowe. W takich przypadkach, jedno urządzenie potrafi zapewnić odpowiedni poziom ochrony dla całej instalacji. Należy jednak zawsze pamiętać, że zastosowanie ogranicznika Typu 1+2 w rozdzielnicy głównej, w rozległych obiektach z wieloma podrozdzielnicami (lokalnymi/piętrowymi), nie zapewnia jednakowego poziomu ochrony w całej instalacji i konieczne jest tam

stosowanie drugiego stopnia (SPD Typu 2) w celu ochrony rozległej instalacji przed przepięciami indukowanymi.

Podsumowanie

Prawidłowe zrozumienie klasyfikacji i właściwości poszczególnych typów ograniczników przepięć, pozwala na właściwy i skuteczny dobór urządzeń chroniących instalacje elektroenergetyczne. Ograniczniki powinny być dobierane, przede wszystkim, w zależności od rodzajów spodziewanych zagrożeń. Niedostosowanie wytrzymałości SPD do możliwych zagrożeń, skutkuje często uszkodzeniem jego i chronionej instalacji.

Analizując zapisy zawarte w normie PN-EN 61643-11 można sformułować następujące wnioski:

- należy stosować określenia w postaci „**ogranicznik Typu 1**” oraz „**próba klasy I**”;
- nie należy stosować określeń zapożyczonych z dawnych norm VDE: „**ogranicznik klasy B**”, „**ogranicznik typu B+C**”, itp.;
- **oznaczenia B, C, D** są obecnie nieaktualne dla typu SPD lub klasy prób, ale **mogą być stosowane w nazwach własnych produktów**;
- **ogranicznik może być sklasyfikowany według więcej niż jednego Typu**, np. Typu 1 i Typu 2;
- **nie należy mylić pojęć ogranicznik Typu 1+2 z ogranicznikiem typu kombinowanego**;
- **ogranicznik typu kombinowanego** - to taki, który **zawiera zarówno elementy ucinające napięcie, jak i elementy ograniczające napięcie**, czyli np. jest złożony zarówno z iskiernika i warystora.

Literatura

- [1] PN-EN 61643-11:2013-06 Niskonapięciowe urządzenia ograniczające przepięcia -- Część 11: Urządzenia do ograniczenia przepięć w sieciach rozdzielczych niskiego napięcia -- Wymagania i próby
- [2] PN-EN 62305-1:2011 Ochrona odgromowa - Część 1: Zasady ogólne
- [3] PN-EN 61000-4-5:2014-10 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) -- Część 4-5: Metody badań i pomiarów -- Badanie odporności na udary
- [4] PN-EN 62561 Elementy urządzenia piorunochronnego (LPSC) – seria norm
- [5] VDE 0675 Teil 6 Überspannungsableiter zur Verwendung In Wechselstromnetzen mit Nennspannungen zwischen 100V und 1000V. November 1989.
- [6] PN-HD 60364-5-534:2016-04 Instalacje elektryczne niskiego napięcia -- Część 5-534: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego -- Odłączanie izolacyjne, łączenie i sterowanie -- Urządzenia do ochrony przed przejściowymi przepięciami
- [7] Reality check initiative on the equivalency of 8/20 versus 10/350 waveforms for testing surge-protective devices, 2006 IEEE Power Engineering Society General Meeting, Montreal, Que., 2006
- [8] 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