



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.: +48 85 307 00 85

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



Białystok, lipiec 2021 r.

1. Wstęp

Klasyfikacja ograniczników przepięć do instalacji elektroenergetycznych niskiego napięcia, opiera się przede wszystkim na zróżnicowaniu ze względu na wytrzymałość urządzeń na prądy udarowe. Obecnie mamy ograniczniki 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. Obecna klasyfikacja, opiera się na normie PN-EN 61643-11 „Niskonapięciowe urządzenia ograniczające przepięcia -- Część 11: Urządzenia ograniczające przepięcia w sieciach elektroenergetycznych niskiego napięcia -- Wymagania i próby” [1]. Niniejszy artykuł, ma na celu ułatwienie zrozumienia prawidłowej klasyfikacji zgodnej z aktualną normą i poznanie właściwości poszczególnych rozwiązań.

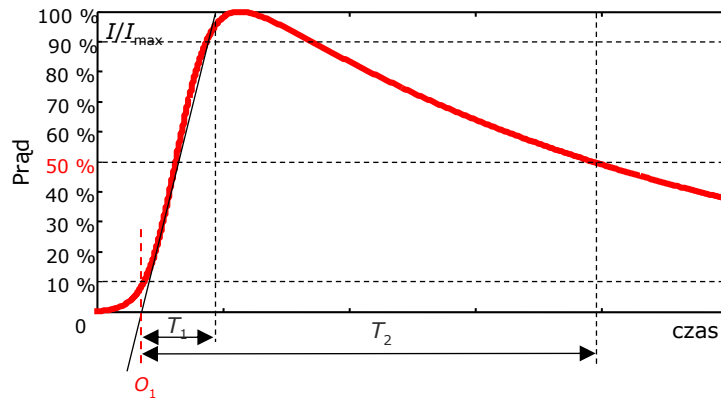
2. Znormalizowane udary prądowe

Aby zrozumieć podział ograniczników przepięć (SPD *ang. surge protecting device*) według PN-EN 61643-11 [1] niezbędna jest podstawowa wiedza o udarach elektrycznych jakie są stosowane w czasie badań typu. O wytrzymałości SPD decyduje przede wszystkim, zdolność odprowadzenia prądów udarowych. Wartość maksymalna napięcia udaru, w przypadku ogranicznika przepięć, jest pojęciem względnym. Element nieliniowy, jako podstawa SPD ogranicza wartość napięcia do określonego poziomu, przechodząc w stan przewodzenia – i właśnie zdolność do przewodzenia prądów impulsowych ma największe znaczenie dla skuteczności 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 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 biorąc pod uwagę, 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 $I_{pk} T_1/T_2$

Wartość szczytowa i czas trwania czoła definiują stromość udaru. Przy udarach prądowych, stromość di/dt ma bardzo duże znaczenie przy analizie napięć indukowanych. Z kolei, w przypadku udarów napięciowych, stromość czoła, czyli szybkość narastania napięcia du/dt przekłada się na wartość napięcia zadziałania elementów ucinających napięcie. Czas do półszczytu przekłada się natomiast na czas trwania udaru – im dłuższy tym większa energia jest przenoszona przez udar.

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

W badaniach 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 właśnie w normie PN-EN 61643 [1] dotyczącej testowania SPD. Należy zwrócić uwagę na fakt, że udar I_{imp} nie ma ściśle określonego kształtu. Najczęściej podawany impuls o kształcie 10/350 μs stanowi jedynie przykład udaru, który spełnia określone wymagania.

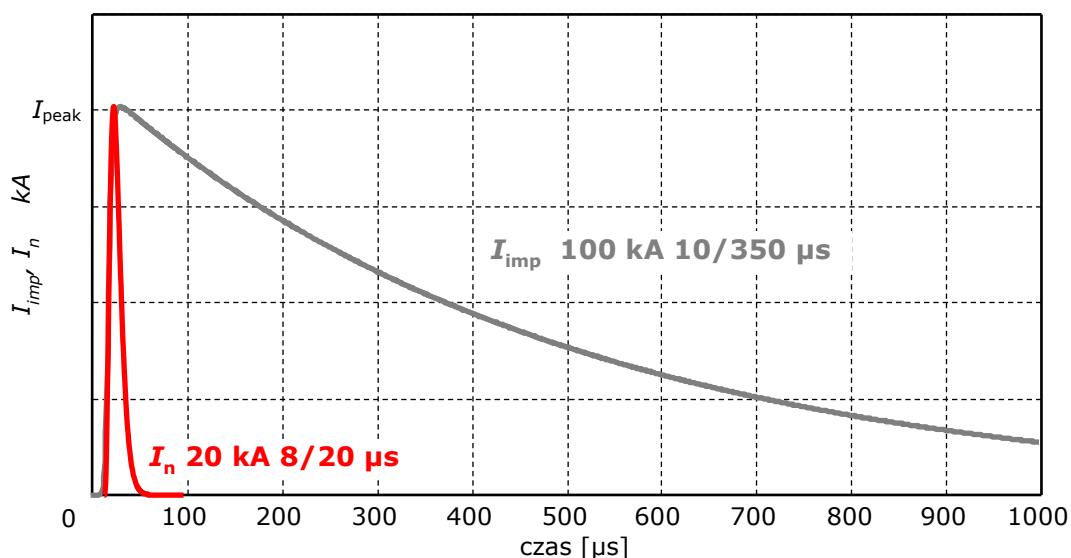
W rzeczywistości, udar prądowy I_{imp} zdefiniowany jest wartością szczytową, ładunkiem Q oraz energią właściwą W/R , a nie ściśle określonym kształtem. Ponadto, powinien osiągnąć wartość szczytową w czasie 50 μs a ładunek oraz energię właściwą w czasie 5 ms (według niektórych standardów 10 ms). Udary spełniające wymagania I_{imp} mogą mieć zatem bardzo zróżnicowane kształty w stosunku do ogólnie przyjętego impulsu 10/350 μs .

2.2. Prąd wyładowczy

Prąd wyładowczy, ma przypisany kształt 8/20 μ 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, które mogą indukować się na skutek oddziaływania elektromagnetycznego, powodowanego przepływem prądu pioruna w kanale wyładowania (zarówno bezpośredniego, jak i pobliskiego) lub w przewodach LPS. 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, a zatem odpowiadają udomom o znacznie mniejszej energii.

W stosunku do I_{imp} prądy wyładowcze mają zbliżone stromości di/dt ale ze względu na dużo krótszy czas do półszczytu, przenoszą znacznie mniejsze energie (Rys. 2.).



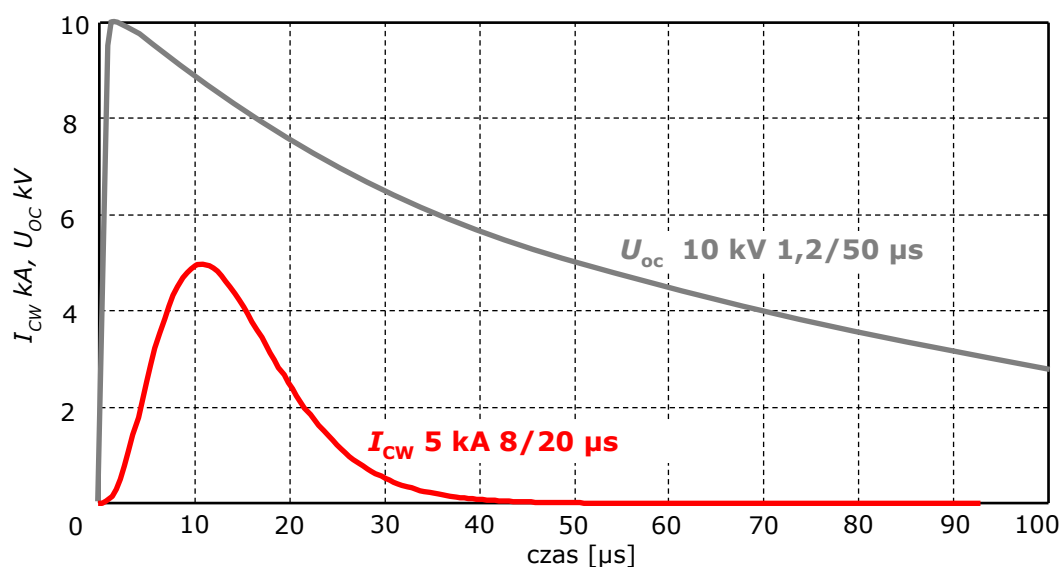
Rys. 2. Porównanie znormalizowanych kształtów udarów prądu pioruna I_{imp} i prądu wyładowczego I_n

2.3. Udar kombinowany

Wymagania dla ostatniego typu udaru są znacznie bardziej szczegółowo określone. W przypadku udarów I_{imp} i I_n określone są jedynie wymagania odnośnie prądu udarowego. Udar kombinowany jest inaczej zwany udarem napięciowo-prądowym. Generator udarów kombinowanych powinien wytwarzać udar napięciowy o kształcie U_{oc} 1,2/50 μ s przy rozwartych zaciskach wyjściowych oraz udar prądowy

o kształcie I_{CW} 8/20 μs przy ich zwarcu. Ponadto impedancja wewnętrzna generatora powinna wynosić 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 zwarcu udar prądowy 5 kA 8/20 μs .

Energie udarów kombinowanych są najmniejsze z wyżej opisanych, wartości szczytowe 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. Udary kombinowane: napięciowy 10 kV 1,2/50 μs ; prądowy 5 kA 8/20 μs

3. Rodzaje elementów nieliniowych

Przed omówieniem klasyfikacji SPD ważne jest także rozróżnienie podstawowych elementów stosowanych do konstrukcji ograniczników przepięć. 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 zadziałania zmienia swoją impedancję. Ze względu na sposób w jaki to robi rozróżniamy elementy ucinające napięcie i elementy ograniczające napięcie.

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 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 zależy od szybkości narastania – im szybciej narasta napięcie tym przy wyższej wartości nastąpi zadziałanie elementu ucinającego napięcie.

Impedancja elementów ograniczających napięcie zmienia się natomiast w sposób ciągły w miarę wzrostu napięcia i prądu udarowego. W ogranicznikach przeznaczonych do 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, stosowane są najczęściej w urządzeniach do ograniczania przepięć w torach sygnałowych. Warystory są elementami półprzewodnikowymi. Napięcia zadziałania MOV są mniej zależne od zbocza napięciowego udaru.

Na podstawie typu zastosowanych elementów, ograniczniki przepięć można sklasyfikować jako SPD typu ucinającego napięcie i SPD typu ograniczającego napięcie.



a) iskiernik b) odgromnik gazowy 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

Analizując klasyfikację ograniczników przepięć, do ochrony instalacji elektroenergetycznych nn należy przede wszystkim podkreślić, że **norma PN-EN 61643-11 definiuje Typy ograniczników i klasy prób**. Dla oznaczenia Typu SPD stosuje się cyfry arabskie, natomiast w odniesieniu do klasy prób stosuje się liczby rzymskie. Nie należy zatem mówić o „ograniczniku klasy”, a już szczególnie nie należy posługiwać się oznaczeniami B, C i D jak na przykład „ogranicznik klasy B”. Oznaczenia B, C, D zostały zaczerpnięte w przeszłości z niemieckiej normy VDE 0675 Teil 6 [5]. Ponieważ na polskim rynku, jako pierwsze pojawiały się ograniczniki przepięć produkowane za naszą zachodnią granicą, to zaczerpnięto wraz z nimi także nazewnictwo. Należy natomiast zwrócić uwagę, że oznaczenia B, C, D mogą być stosowane w nazwach własnych produktów – co jest praktykowane przez niektórych producentów najczęściej w przypadku starszych serii produktów. O ile producent jednocześnie podaje poprawnie Typ SPD według aktualnej normy, to nie ma podstaw aby uznać stosowanie oznaczeń B, C, D w nazwach własnych za niepoprawne. Dawniej, było to praktykowane w celu

ułatwienia doboru SPD – typ ogranicznika można było wywnioskować po jego nazwie.

Tablica 1. Typy SPD i powiązane 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} . Tak więc, podstawowa klasyfikacja Typów ograniczników przepięć i odpowiadających im klas prób przedstawia się następująco:

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

Poza deklaracją Typu zgodnie z punktem 7.1.1 producent powinien zawsze podać także wartość parametru charakterystycznego (I_{imp} , I_n lub U_{oc}). Oznakowanie na SPD powinno zawierać odpowiednio symbole $T1$, $T2$ lub $T3$ i wartość szczytową udaru, np. dla ogranicznika Typu 1 oznakowanie może wyglądać następująco $T1$ $I_{imp} = 25$ kA. Podawanie kształtu nie jest wymagane, ponieważ jest on określony w normie i powiązany z oznaczeniami I_{imp} , I_n i U_{oc} . Oznaczenia T1, T2, T3 obecnie także są stosowane przez wielu producentów w nazwach własnych produktów dla ich łatwiejszej identyfikacji.

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

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

(...)

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

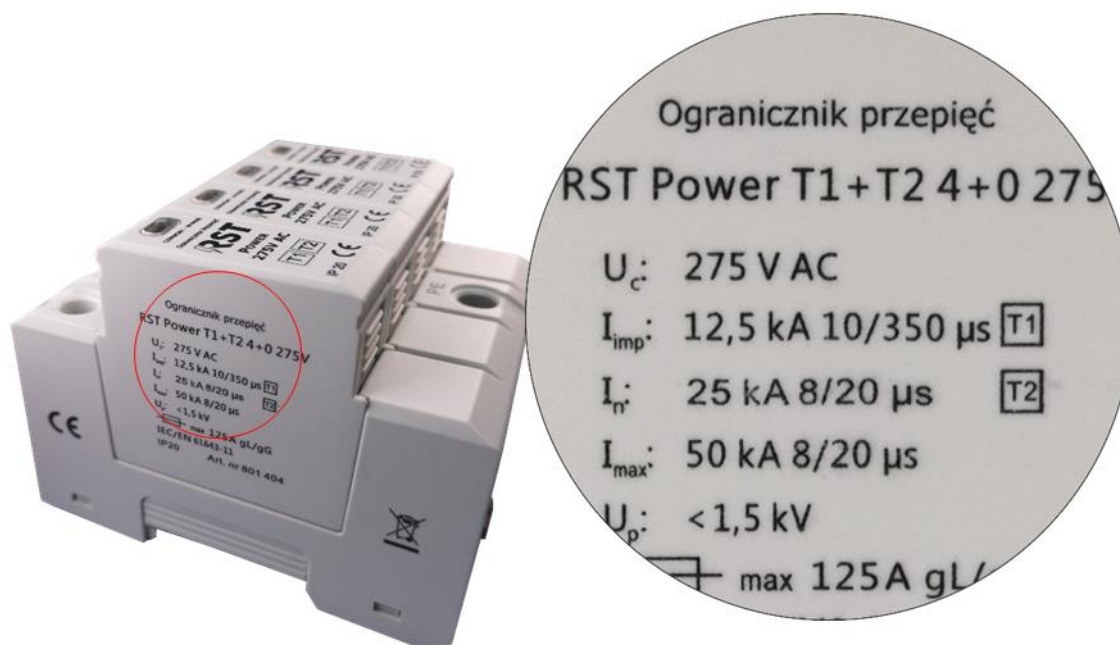
- dla Typu 1: „Typ 1” i „ I_{imp} ” z wartością w kA, i/lub „ $T1$ ” (T1 w kwadracie) i „ I_{imp} ” z wartością w kA (np. $T1$ I_{imp} : 10 kA);
- dla Typu 2: „Typ 2” i „ I_n ” z wartością w kA, i/lub „ $T2$ ” (T2 w kwadracie) i „ I_n ” z wartością w kA (np. $T2$ I_{imp} : 10 kA);
- dla Typu 3: „Typ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

Na rynku można spotkać można także produkty, dla których producent deklaruje więcej niż jeden Typ SPD. W dalszej części punktu 7.1.1 normy znajduje się zapis, 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 jednego Typu SPD.**

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 T_1 and Type 2 T_2). 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.

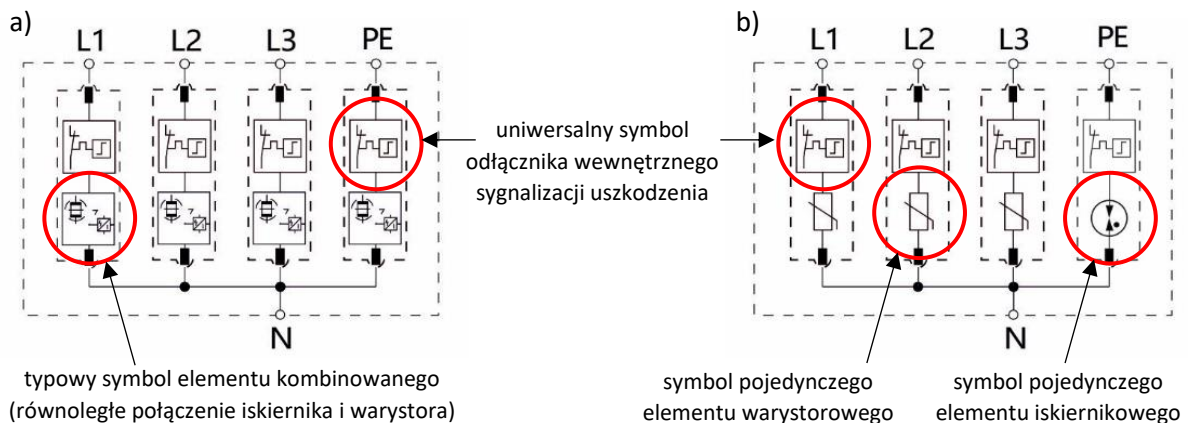
„SPD może być sklasyfikowany według więcej niż jednej klasy prób (np. Typu 1 T_1 i Typu 2 T_2). W takim przypadku, należy przeprowadzić próby wymagane dla wszystkich deklarowanych klas prób. Jeżeli w takim przypadku, producent deklaruje tylko jeden poziom ochrony, tylko najwyższy poziom ochrony będzie znajdował się na oznakowaniu”



Rys. 5. Ogranicznik przepięć Typu T1+2: oznaczenia symboli T_1 T_2 z podaniem wartości I_{imp} i I_n

Ograniczniki Typu 1+2 (Typu 1 + Typu 2) często mylnie są nazywane ogranicznikami kombinowanymi. W rzeczywistości, zgodnie z definicją 3.1.6 normy **SPD typu kombinowanego to ogranicznik złożony zarówno z elementów ucinających napięcie, jak i elementów ograniczających napięcie.** Ogranicznik Typu 1+2 zatem może, ale nie musi być ogranicznikiem typu kombinowanego. Definicja zamieszczona w normie jest niestety dosyć ogólna i nieprecyzyjna. Normy nie definiują, czy ma to być kombinacja równoległa czy szeregową, ani czy oba rodzaje elementów muszą być jednocześnie stosowane w każdej z gałęzi ochronnych. Najwyższą odporność na udary uzyskuje się przy odpowiednim połączeniu równoległym elementów, w przypadku połączenia szeregowego wytrzymałość gałęzi ochronnej równa jest najczęściej wytrzymałości

słabszego elementu, jakim jest warystor. Według przywołanej definicji, SPD typu kombinowanego stanowią zatem zarówno ograniczniki, które w każdej gałęzi ochronnej zawierają kombinację równoległą układu iskiernika i warystora (np. RST Power T1+T2 4+0 275V, Rys. 6a) , ale także niektóre ograniczniki przepięć w konfiguracji połączeń CT2. W schematach złożonych układów kombinowanych często stosuje się symbole umowne (Rys. 6a), ponieważ dokładne rozrysowanie schematu mogłoby być zbyt złożone i nieczytelne. Według PN-HD 60364-5-534 [6], konfiguracja CT2 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 (Rys. 6b).



Rys. 6. Schematy ograniczników 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

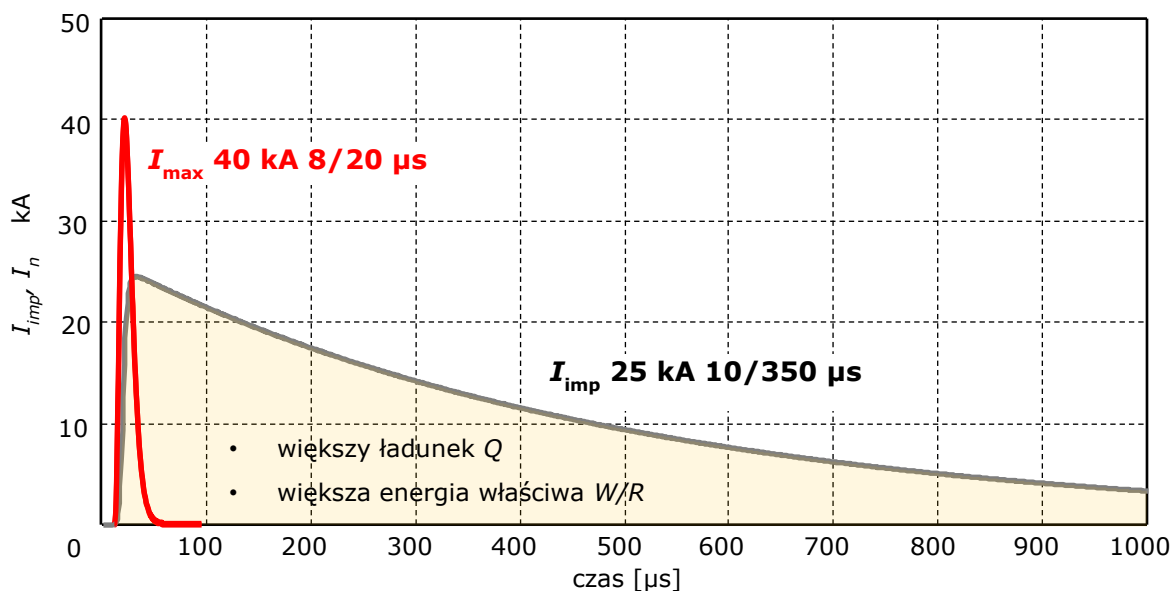
5. Praktyczne właściwości SPD różnego Typu

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:

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

Przebiegi obu udarów przedstawiono na rysunku 7. Wartość szczytowa prądu udarowego ma duże znaczenie, przede wszystkim jeżeli chodzi o stromość zbocza udaru. Dla $I_n = 40 \text{ kA } 8/20 \mu\text{s}$ stromość wynosi w przybliżeniu $di/dt \approx 5 \text{ kA}/\mu\text{s}$ i jest dwukrotnie większa niż dla $I_{imp} = 25 \text{ kA } 10/350 \mu\text{s}$ ($di/dt \approx 2,5 \text{ kA}/\mu\text{s}$). Bardziej znaczący od wartości szczytowej i stromości zbocza może być jednak czas trwania

impulsu. Prąd udarowy $I_{imp} = 25$ kA przenosi ładunek $Q = 12,5$ As i energię właściwą $W/R = 156$ kJ/ Ω [2]. Prąd wyładowczy $I_n = 40$ kA, pomimo wyższej wartości szczytowej przenosi znacznie mniejszy ładunek zbliżony do 1 As i znacznie mniejszą energię właściwą [7]. Dlatego czas trwania udarów I_{imp} i przenoszona bardzo duża energia powodują dużo większe niszczące skutki termiczne niż prądy wyładowcze o nawet kilkukrotnie wyższych wartościach szczytowych.

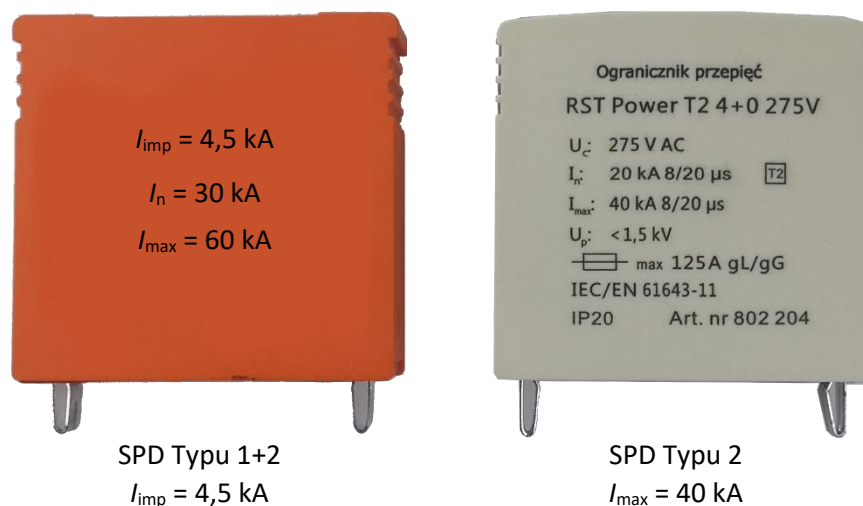


Rys. 7. Porównanie udarów prądowych typowych do prób badania wytrzymałości ograniczników przepięć Typu 1 (iskiernikowych) i Typu 2 (warystorowych)

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 μs , ale są bardzo podatne na uszkodzenia przy udarach o dłuższych czasach trwania - takich jak I_{imp} 10/350 μs ze względu na ich destrukcyjne skutki termiczne. Z kolei iskierniki są zdecydowanie bardziej wytrzymałe na wszelkiego rodzaju udary ale zazwyczaj charakteryzują się wyższym napięciem zadziałania.

Ograniczniki wykonane wyłącznie w technologii warystorowej charakteryzują się dużo niższą wytrzymałością na prądy pioruna o typowych wartościach $I_{imp} = 4,5 \div 6$ kA. Dla ograniczników Typu 1 iskiernikowych lub typu kombinowanego typowa wytrzymałość na prądy udarowe wynosi $I_{imp} = 12,5 \div 25$ kA na moduł. Uzyskanie takiej wytrzymałości dla SPD bazującego na elementach warystorowych wiązałoby się z jego bardzo dużymi i niepraktycznymi wymiarami. Dlatego zaleca się stosowanie ograniczników Typu 1 zawierających element ucinający napięcie w każdej gałęzi ochronnej, wykonanych w technologii iskiernikowej lub typu kombinowanego. Wśród produktów dostępnych na rynku można niestety spotkać się z pewnego rodzaju absurdami. To co u niektórych producentów jest oferowane

jako ogranicznik Typu 2 o $I_{max} = 40$ kA, u innych jest często oferowane jako warystorowy ogranicznik Typu 1+2 o I_{imp} równym zaledwie 4,5 kA (Rys. 8.). Nie ma tu, co prawda, niezgodności z normą PN-EN 61643-11, ale ograniczniki o odporności $I_{imp} = 4,5$ kA nie mają zastosowania według norm dotyczących instalacji elektrycznych i ochrony odgromowej.





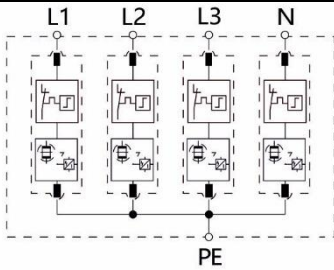
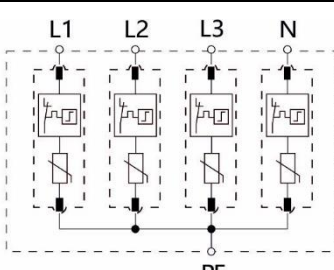
Rys. 8. Porównanie warystorowych modułów ochronnych ograniczników Typu 1+2 i Typu 2.

Analizując zapisy norm zharmonizowanych PN-HD 60364 oraz norm odgromowych PN-EN 62305 można uznać, że dla obiektów sklasyfikowanych wg poziomu ochrony LPL IV i III wystarczające są ograniczniki o $I_{imp} = 12,5$ kA, a dla obiektów sklasyfikowanych wg LPL II i I - $I_{imp} = 25$ kA. Rozważanie dla LPL II ograniczników o $I_{imp} = 17,25$ kA jest czysto teoretyczne, ponieważ obecnie na rynku nie spotyka się takich produktów. Różnica pomiędzy SPD o I_{imp} o wartości szczytowej 12,5 kA oraz 25 kA pod względem skuteczności wynosi 95 % do 99 % [2]. **Zgodnie z pkt. 534.4.4.2 normy PN-HD 60364-5-534 [6] dla ograniczników przepięć Typu 1, odporność na prąd pioruna powinna być nie mniejsza niż $I_{imp} = 12,5$ kA.**

Ograniczniki przepięć Typu 1 charakteryzują się zatem dużo wyższą odpornością na udary niż ograniczniki Typu 2. Najniższą odporność posiadają ograniczniki Typu 3, ale te z kolei służą jedynie do ochrony końcowej i ograniczenia wartości napięć do odpowiednio małych wartości.

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 odpowiadającą ogranicznikom Typu 1 i napięciowym poziomem ochrony odpowiadającym ogranicznikom Typu 2. Nieuzasadnione byłoby deklarowanie Typu 1+2 przy napięciowym poziomie ochrony $U_p \leq 2,5$ kV lub wyższym.

Tablica 2. Porównanie właściwości ograniczników przepięć Typu 1 i Typu 2 [8]

Typ SPD	Typ 1 + 2	Typ 2
Przykład	 <p>RST Power T1+T2 4+0 275V Nr kat. 801 404</p>	 <p>RST Power T2 4+0 275V Nr kat. 802 204</p>
Konstrukcja SPD	 <p>kombinowany, (iskiernik wieloprzerowy równoległe z warystorami)</p>	 <p>warystorowy</p>
Odporność na udary	<p>T1 $I_{imp} = 12,5 \text{ kA}$ T2 $I_n = 25 \text{ kA}; I_{max} = 50 \text{ kA}$</p>	<p>T2 $I_n = 20 \text{ kA}; I_{max} = 40 \text{ kA}$</p>
Poziom ochrony	$U_p < 1,5 \text{ kV}$	$U_p < 1,5 \text{ kV}$
Przeznaczenie	ochrona przed częściowymi prądami pioruna i przepięciami indukowanymi	ochrona przed przepięciami indukowanymi
Podstawowa lokalizacja	rozdzielnica główna	rozdzielnice lokalne, ochrona strony AC inwertera PV
Obszar zastosowań	obiekty wyposażone w LPS klasy IV lub III oraz zasilane z linii napowietrznych	jako drugi stopień ochrony w dowolnych obiektach

Jeszcze do niedawna typowe wartości U_p ograniczników przepięć Typu 1 wynosiły $\leq 4 \text{ kV}$. Powiązane to było z wymaganym napięciem udarowym urządzeń według PN-HD 60364-4-443 (Tablica 3.) [8]. Jest to poziom wystarczający dla rozdzielnic i sprzętu stanowiącego podstawę instalacji elektrycznej, ale zbyt wysoki dla wytrzymałości typowych urządzeń zasilanych z tych instalacji. Obecne ograniczniki, charakteryzują się już znacznie lepszymi parametrami technicznymi i dla profesjonalnych SPD Typu 1 poziom ochrony wynosi typowo $U_p \leq 2,5 \text{ kV}$ (II kategoria przepięć). Nie jest to jednak w dalszym ciągu, poziom wystarczający dla wrażliwych urządzeń elektronicznych, które wymagają zapewnienia poziomu $U_p \leq 1,5 \text{ kV}$ 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 problemu. Często

jednak, wrażliwe urządzenia elektroniczne są zasilane bezpośrednio z rozdzielnic głównych i już na tym poziomie, należy zapewnić im odpowiednią ochronę. Problem ten, często dotyczy także obiektów małogabarytowych, gdzie nie ma rozdzielnic lokalnych. W takich przypadkach, zastosowanie znajdują ograniczniki Typu 1+2 o obniżonym napięciowym poziomie ochrony, spełniające wymagania więcej niż jednej klasy prób testowania. Ograniczniki Typu 1+2 zapewniające $U_p \leq 1,5$ kV najczęściej są tańsze, niż osobny zakup ograniczników Typu 1 i ograniczników Typu 2 – zapewniają zatem oszczędność, zarówno finansową jak i przestrzeni montażowej.

Tablica 3. 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

Ograniczniki Typu 1+2 znajdują szerokie zastosowanie jako jedyny środek ochrony do zabezpieczania obiektów małogabarytowych, takich jak kontenery i wolnostojące szafy aparaturowe. 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, powtarzanie 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 samego SPD i chronionej instalacji.

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

- należy stosować określenia w postaci „ograniczniki Typu 1” i „próba klasy I”;
- nie należy stosować określeń: „ogranicznik klasy B”, „ogranicznik typu B+C”, itp.;
- oznaczenia B, C, D są obecnie nieaktualne dla typu SPD lub klasy prób i mogą być stosowane jedynie 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;
- ze względu na wymagania norm PN-HD 60364 oraz PN-EN 62305 minimalna odporność na prądy pioruna dla ograniczników Typu 1 powinna być nie mniejsza niż $I_{imp} = 12,5$ kA;
- ograniczniki przepięć, o deklarowanych wartościach $I_{imp} < 12,5$ kA (np.: 4 kA, 5 kA, 8 kA) nie spełniają wymagań dla SPD Typu 1 według norm PN-HD 60364.

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