

**Promowane i rzeczywiste parametry niektórych
urządzeń do ograniczenia przepięć (SPD)**

1. Wprowadzenie

Uzyskanie skutecznej ochrony instalacji elektrycznych od przepięć atmosferycznych w obiektach budowlanych za pomocą urządzeń do ograniczania przepięć stało się obecnie dość złożonym problemem. Już podjęcie samej decyzji o potrzebie zastosowania takiej ochrony natrafia na trudności ze względu na niejednoznaczność zaleceń normatywnych w tej sprawie [4], a z chwilą podjęcia tej decyzji zjawia się poważny problem doboru właściwych środków ochrony, wśród których czołowe miejsce zajmują właśnie urządzenia do ograniczania przepięć (SPD). Trudność polega na tym, że oferta rynkowa tych urządzeń jest bardzo zróżnicowana, a promowane ich parametry nie zawsze odpowiadają wymaganiom standardowym a co gorsze - danym rzeczywistym.

Największy problem wydają się stwarzać tzw. urządzenia hybrydowe lub kombinowane. Formalnie rzecz biorąc każde urządzenie do ograniczenia przepięć (SPD) jest przyporządkowane do jednej z trzech klas probierczych (I, II lub III) i zakwalifikowane do jednego z trzech typów (1, 2 i 3), powiązanych ściśle z klasami probierczymi. Natomiast urządzeniom hybrydowym nadaje się w sposób niestandardowy właściwości dwu lub nawet trzech typów jednocześnie, a w oznaczeniach - również niestandardowych - myli się tendencyjnie lub podświadomie typ SPD z jego klasą probierczą. Efektem tego są tzw. SPD typu I+II i typu I+II+III, a według wcześniejszych oznaczeń - SPD typu B+C i typu B+C+D, zwane niekiedy dwu i trójstopniowymi. Ani takie rozwiązania, ani procedury ich badań nie są w normach przedmiotowych serii IEC/EN 61643 [1] [2], [5], [6], [7], [9] przewidywane.

Gdy mówi się o SPD typu 1, to ogólnie wiadomo, że jego dobór jest uzależniony nie tylko od urządzenia chronionego, ale i od właściwości całego obwodu chronionego. Natomiast, gdy wprowadza się SPD typu I+II, to uważa się niesłusznie, że o jego doborze decydują tylko parametry urządzenia chronionego, a właściwości obwodu chronionego nie mają już znaczenia. Jest to dopuszczalne, jeżeli pamięta się, że SPD ma być zainstalowany blisko zacisków wejściowych urządzenia chronionego. Jeżeli o tym się zapomina lub świadomie dopuszcza dużą odległość, to popełnia się wielki błąd lub nierzetelność. Istnienie drugiego stopnia w hybrydowym SPD typu I+II traci swój sens, gdy jest on odległy od chronionego urządzenia. Zwykle wówczas na zaciskach wejściowych tego urządzenia następuje (np. pod wpływem sprzężeń indukcyjnych) wzrost napięcia i jest tam wymagany dodatkowy SPD, dobrze skoordynowany napięciowo i energetycznie zarówno z pierwszym SPD, jak i z urządzeniem chronionym.

Dane producentów, dotyczące niektórych SPD typu I+II są mało precyzyjne, a przez to dość podejrzane, zwłaszcza w przypadku ograniczników beziskiernikowych (nie zawierających elementu ucinającego). Natomiast oferowanie SPD typu I+II+III jest chyba w ogóle nieporozumieniem. Trudny jest do pojęcia zarówno sam cel istnienia trzeciego stopnia w jednym SPD, jak i sposób jego realizacji, a spełnienie energetycznych wymagań probierczych klasy I przez SPD typu I+II+III oznacza jednocześnie spełnienie wymagań probierczych klasy II i III i rzetelna reklama nie powinna tego eksponować. Na podstawie udostępnianych danych takiego SPD trudno jest w niektórych przypadkach ustalić zasadę jego działania, a jest ona bardzo istotna dla nabywcy lub zainteresowanego projektanta ochrony przepięciowej, który nie może mieć żadnych wątpliwości aplikacyjnych i powinien dysponować schematem wyjaśniającym dokładnie zasadę działania SPD. Tego typu danych nie można przecież identyfikować z danymi procesów technologicznych i obejmować tajemnicą handlową. Wydaje się, iż w interesie producenta jest to, by przy zakupie i stosowaniu SPD nie utrzymywały się występujące obecnie wątpliwości, urastające już do rangi konfliktu technologicznego [3].

Dotyczą one nie tylko SPD typu I+II+III, lecz również – jak już wspomniano - warystorowych SPD typu I+II, nie zawierających elementu ucinającego. Zachodzi w ogóle pytanie, czy jest możliwe utrzymanie parametrów SPD typu 1 przy przekształceniu go w SPD typu I+II bez zastosowania w nim elementu ucinającego. Trudno sobie wyobrazić, by w obiekcie wyposażonym w urządzenie piorunochronne (LPS), gdzie stosowany jest pierwszy stopień ochrony, spełniający wymagania probiercze klasy I, można było instalować ogranicznik beziskiernikowy. Ponadto, przy obecnej tendencji zmierzającej do objęcia ochroną mierników energii elektrycznej, stosowanie SPD bez elementu ucinającego nie może być w ogóle brane pod uwagę.

Aby rozpoznać bardziej wnikliwie poruszone tu kwestie, postanowiono przeprowadzić badania laboratoryjne urządzeń do ograniczania przepięć. Przy ich wyborze skoncentrowano się na urządzeniach typu I+II i typu I+II+III. Drogą losową wybrano 5 spośród firm oferujących swoje wyroby na rynku polskim, a mianowicie wyroby firmy: DEHN+SÖHNE, ETI-POLAM - (ETITEC), Leutron, Moeller i OBO Betterman.

W artykule przedstawiono właściwe procedury probiercze i zasadnicze parametry urządzeń probierczych oraz parametry badanych próbek (na podstawie dostępnych danych), uzyskane wyniki badań i sformułowane na ich podstawie wnioski.

2. Procedury probiercze

Jest rzeczą zrozumiałą, że dobór i jakakolwiek ocena właściwości urządzeń do ograniczania przepięć w instalacjach elektrycznych niskiego napięcia powinna być dokonywana zgodnie ze standardowymi procedurami. Chodzi jednak o to, że normy dotyczące tych urządzeń ulegają stałym modyfikacjom [1], [2], [6], [7], [9]. Modyfikacje te dotyczą w szczególności procedur probierczych. Na przykład w normach [1] i [6] są one niemal identyczne, ale już w normie [7] następują zarówno zmiany porządkowe, jak i merytoryczne. Po analizie aktualnego stanu modyfikowanych norm, zdecydowano się przeprowadzić badania wg postanowień zawartych w dokumentach [1] i [6]. Wobec braku w nich postanowień ukierunkowanych na badania niestandardowych SPD typu I+II i typu I+II+II, przyjęto do badania tych urządzeń procedury probiercze dotyczące SPD typu 1.

Wśród istotnych parametrów probierczych wymienia się - obok napięcia trwałej pracy U_c i napięciowego poziomu ochrony U_p - zmierzone napięcie ograniczania, a w tym napięcie obniżone U_{res} i (w przypadku elementów ucinających) napięcie zapłonu $U_{zapł.}$, a także prąd: znamionowy wyładowczy I_n , maksymalny wyładowczy I_{max} , impulsowy I_{imp} , następczy I_f i dobezpieczenia topikowego.

Zasadnicze badania obejmują próby typu, do których - zgodnie z p. 7 normy [6] - należy m.in. określenie zmierzonego napięcia ograniczania (p. 7.5) i próba działania (p. 7.6). Spośród wymienionych w tych punktach pomiarów i prób uznano za najważniejsze i zdecydowano się wykonać:

- pomiary napięcia obniżonego przed i po próbie działania;
- pomiary napięcia zapłonu elementów ucinających;
- wstępne kondycjonowanie przed próbą działania klasy I;
- próby działania klasy I po wstępnym kondycjonowaniu i dodatkowo
- próby koordynacyjne.

Aby uniknąć wątpliwości, wyjaśnia się, że zmierzonym napięciem ograniczania jest - wg p. 7.5.2 [6] - największa wartość napięcia zarejestrowanego na zaciskach SPD podczas oddziaływania nań udarem prądowym o kształcie 8/20 i o zadeklarowanej przez producenta amplitudzie, lub - wg p. 7.5.3 [6] - największa wartość napięcia wywołanego przez udar 1,2/50 przed wyładowaniem zupełnym między elektrodami SPD z elementem ucinającym. Wynika stąd, że określenie napięcia obniżonego U_{res} wymaga równoczesnej rejestracji

przyłożonych udarów prądowych obu biegunowości o kształcie 8/20 i wartości I_n , zgodnej z deklaracjami producenta, oraz wywoływanych przez te udary przebiegów napięcia na zaciskach SPD. Natomiast określenie napięcia zapłonu $U_{zapł}$ wymaga rejestracji przebiegu napięcia na zaciskach SPD po doprowadzeniu do niego udaru napięciowego o kształcie 1,2/50 i o wartości przekraczającej deklarowany przez producenta poziom ochrony, przy czym określaną wartością jest amplituda rejestrowanego przebiegu. Omawiane próby są dokonywane zwykle przed odpowiedniej klasy próbą działania, ale mogą być również dokonywane w celach kontrolnych po tej próbie.

Procedura wstępnego kondycjonowania polega na przyłączeniu SPD do źródła napięcia przemiennego (wg p. 7.6.3), a następnie na doprowadzeniu do SPD 15 udarów prądowych o kształcie 8/20 i o wartości znamionowej zadeklarowanej przez producenta, w standardowych odstępach czasowych i kątowych (wg p. 7.6.4).

Próby działania klasy I polegają na przyłączeniu SPD do źródła napięcia przemiennego (wg p. 7.6.3) o zadeklarowanej przez producenta wartości U_c , a następnie na doprowadzeniu do SPD (wg p. 7.6.4) w odstępach czasowych, wymaganych do sprawdzenia ich stabilności cieplnej i ochłodzenia do temperatury otoczenia, kolejno udarów prądowych o wartości $0,1 I_{imp}$, $0,25 I_{imp}$, $0,5 I_{imp}$, $0,75 I_{imp}$ i $1 I_{imp}$, przy czym I_{imp} jest zadeklarowaną przez producenta wartością szczytową udaru prądowego.

3. Urządzenia probiercze

Badania wykonywano częściowo w laboratorium wysokich napięć Politechniki Warszawskiej, przy ul. Koszykowej 75, ale zasadnicza ich część została zrealizowana w niezależnym laboratorium akredytowanym Technicznego Uniwersytetu Ilmenau (TUI - Niemcy), przy Gustav-Kirchhoff-Straße 1.

Zgodnie z przyjętym programem w badaniach wykorzystano m.in. następujące urządzenia probierczo-pomiarowe:

- generatory prądowe, wytwarzające udary o kształcie 8/20 i o wartości szczytowej do 40 kA i do 100 kA, stosowane w próbach napięcia obniżonego i we wstępnym kondycjonowaniu;
- generator udarowy prądowy, wytwarzający udary o kształcie 10/350 i o wartości szczytowej do 100 kA, stosowany w próbach działania klasy I i w próbach koordynacyjnych;
- generator udarowy napięciowy Hilo Test ICP 1012, wytwarzający udary o kształcie 1,2/50 i o wartości szczytowej w do 6 kV, stosowany w próbach zapłonu elementów ucinających;
- transformator trójfazowy na napięcie przemiennie o częstotliwości 50 Hz i o napięciu dostosowanym po stronie odbioru do deklarowanych przez producentów badanych SPD ich napięć trwałej pracy U_c , znajdujący zastosowanie we wstępnym kondycjonowaniu, w próbach działania klasy I i w próbach koordynacyjnych;
- sondy pomiarowe napięciowe typu Testkopf Tektronix i PMK (1/1000) o zakresie 6 kV oraz typu PPE o zakresie 4 kV;
- prądowe pętle pomiarowe typu Pearsona 1423.
- oscyloskopy typu Tektronix TDS, sprzężone z komputerem i stosowany do rejestracji przebiegów napięcia i prądu.

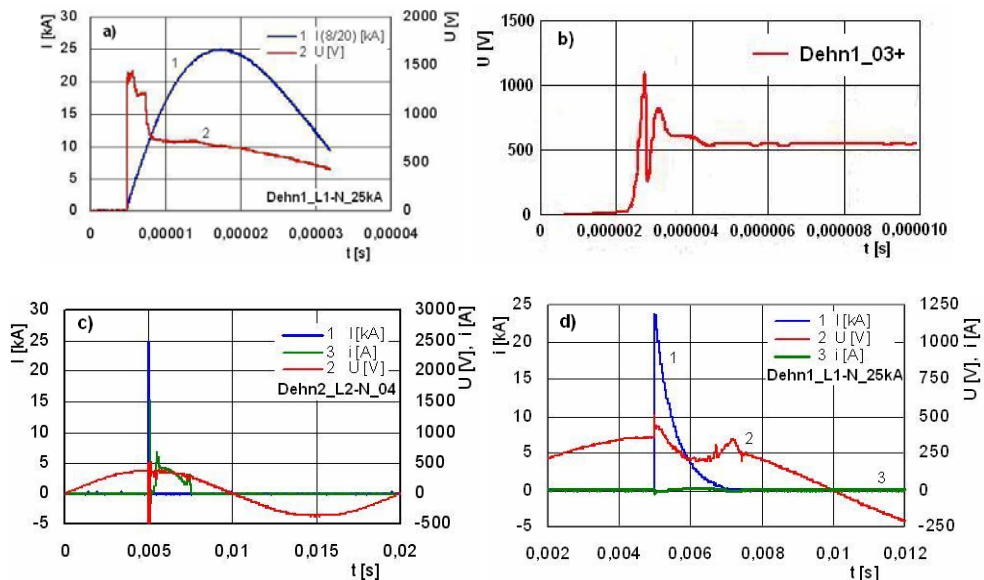
4. Badanie SPD typu DEHNventil DV TNC 255 (I+II)

Udostępniane przez producenta dane znamionowe badanego SPD oraz wyniki badań napięcia obniżonego U_{res} i napięcia zapłonu $U_{zapł}$ oraz wyniki próby działania klasy I po wstępnym kondycjonowaniu są przedstawione w tablicy 4.1. Wyniki te pozwalają stwierdzić, że napięcia obniżone U_{res} i napięcia zapłonu $U_{zapł}$ odpowiadają deklaracjom producenta i to

nawet z pewną rezerwą. Zmiana biegunowości udarów miała tylko nieznaczny wpływ. Podobnie w odniesieniu do wyników próby działania można stwierdzić, że zachowanie się badanego SPD – przy zadeklarowanych przez producenta wartościach prądów udarowych (o kształcie 8/20 i 10/350) - jest prawidłowe. Badany SPD nie został uszkodzony ani podczas wstępnego kondycjonowania, ani podczas zasadniczych prób działania. Potwierdzają to przedstawione na rys. 4.1 przebiegi napięć i prądów.

Tabl. 4.1. Dane i wyniki badań SPD typu DEHNventil DV TNC 255 (I+II)

Parametr SPD	Jednostka	Dane producenta	Dane pomiarowe
U_C	[V]	255	255
$0,5I_{imp}$	[kA]	-	13,0
$0,75I_{imp}$	[kA]	-	19,8
I_{imp}	[kA]	25/75	24,8
I_{max}	[kA]	50	-
U_p	[kV]	< 1,5	-
U_{res+}	[kV]	-	1,42÷1,44
U_{res-}	[kV]	-	1,34÷1,39
U_{zapl+}	[kV]	-	1,01÷1,11
U_{zapl-}	[kV]	-	0,95÷1,11
I_n	[kA]	25	-
I_{n+}	[kA]		24,97÷25,05
I_{n-}	[kA]		24,02÷25,17
I_{bezp}	[A]	125 (315)	-
Q	[As]		13,2
W/R	[kJ/Ω]		171,0



Rys. 4.1. Przykłady przebiegów napięć i prądów przy badaniach SPD typu DEHNventil DV TNC 255 (I+II): a) udar prądowy 8/20 i napięcie obniżone U_{res} , b) napięcie zapłonu U_{zapl} przy udarze 1,2/50, c) prądy i napięcie podczas kondycjonowania, d) przebiegi przy udarze 10/350 i wartości szczytowej 25 kA,

5. Badanie SPD typu ETITEC – WENT TNC (I+II) 3

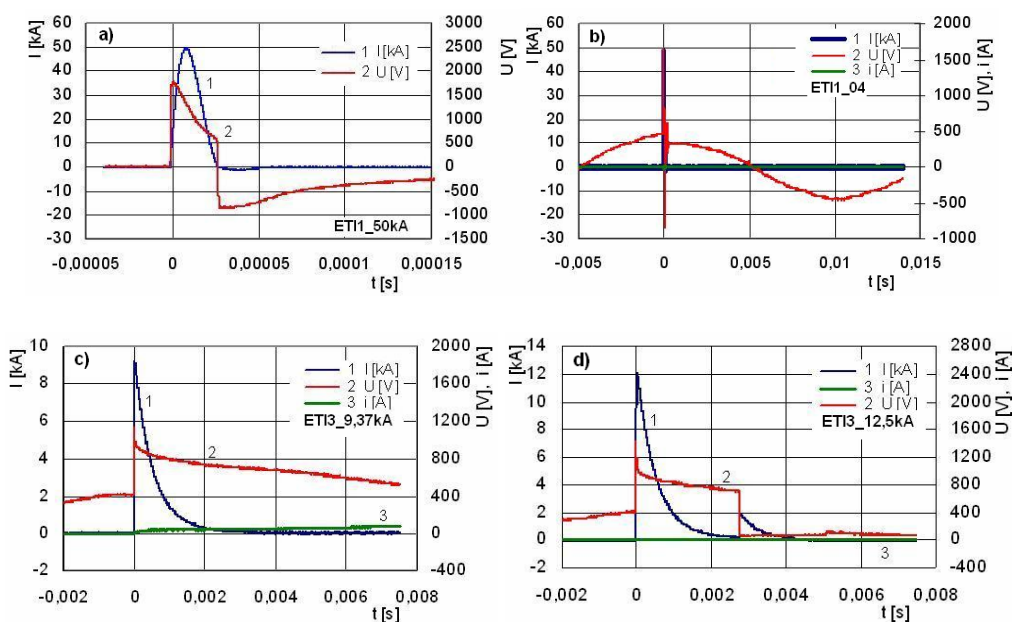
Udostępniane przez producenta dane znamionowe badanego SPD oraz wyniki badania napięcia obniżonego U_{res} i wyniki próby działania klasy I, po wstępnym kondycjonowaniu, są

przedstawione w tabelicy 5.1. Wyniki te pozwalają stwierdzić, że poziom ochrony (napięcie obniżone U_{res}) został przekroczony o wartość sięgającą 79 % poziomu deklarowanego przez producenta. Zmiana biegunowości udarów miała tu tylko nieznaczny wpływ. Podczas kondycjonowania badane SPD zachowywały się prawidłowo. Natomiast podczas zasadniczej próby działania, przy udarze o kształcie 10/350, następowały uszkodzenia tych SPD przy wartościach szczytowych udaru niższych niż wartość deklarowana przez producenta (12,5 kA). Mianowicie przy 75 % wartości szczytowej prądu (9,24 kA) następowały już pewne nieprawidłowości w rejestrowanych przebiegach, a przy pełnej wartości 12,5 kA nastąpiło zdecydowane uszkodzenie SPD. Przykłady przebiegów napięć i prądów, zarejestrowanych przy badaniu poziomu ochrony, podczas kondycjonowaniu i przy próbie działania różnymi wartościami prądu o kształcie 10/350, przedstawiono na rys. 5.1. Uszkodzony SPD przy prądzie 12,5 kA został pokazany na rys. 5.2.

Tabl. 5.1. Dane i wyniki badań SPD typu ETITEC – WENT TNC (I + II)

Parametr SPD	Jednostka	Dane producenta	Dane pomiarowe
U_C	[V]	320	320
$0,5I_{imp}$	[kA]	-	6,37
$0,75I_{imp}$	[kA]	-	9,24
I_{imp}	[kA]	12,5	12,15 ¹⁾
U_P	[kV]	< 1,0	-
U_{res+}	[kV]		1,58÷1,79
U_{res-}	[kV]		1,64÷1,71
I_n	[kA]	50	-
I_{n+}	[kA]		49,6
I_{n-}	[kA]		49,6
I_{bezp}	[A]	125	
Q	[As]		6,66 ¹⁾
W/R	[kJ/ Ω]		41,3 ¹⁾

Uwagi: ¹⁾ defekt warystora po 2,75 ms;



Rys. 5.1. Przykłady przebiegów napięć i prądów przy badaniach SPD typu ETITEC – WENT TNC (I + II): a) udar prądowy 8/20 i napięcie obniżone U_{res} , b) prądy i napięcie podczas kondycjonowania, c) przebiegi przy udarze prądowym 10/350 i wartości szczytowej 9,24 kA, d) jak w c) ale przy prądzie 12,5 kA (uszkodzenie)



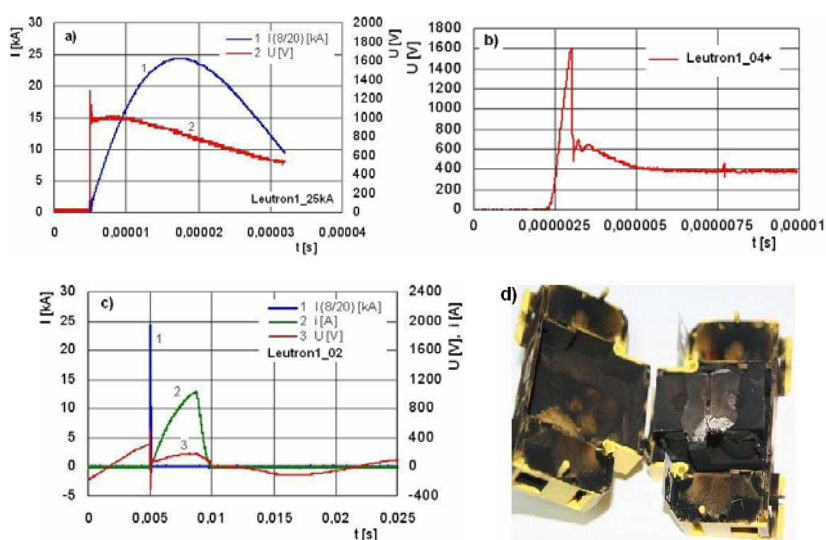
Rys. 5.2. Fotografia uszkodzonego SPD typu ETITEC – WENT TNC (I + II), przy udarze 12,5 kA (10/350)

6. Badanie SPD typu LEUTRON PowerPro BCD 25kA (I+ II+III)

Udostępniane przez producenta dane znamionowe badanego SPD oraz wyniki badań napięcia obniżonego U_{res} i napięcia zapłonu $U_{zapł}$ oraz wyniki wstępnego kondycjonowania przed próbą działania klasy I są przedstawione w tabelicy 6.1. Próby działania nie przeprowadzono, gdyż badany SPD uległ uszkodzeniu już podczas drugiej próby złożonego z 15 prób procesu kondycjonowania.

Tabl. 6.1. Dane i wyniki badań SPD typu LEUTRON PowerPro BCD 25kA (I+ II+III)

Parametr SPD	Jednostka	Dane producenta	Dane pomiarowe
U_C	[V]	255	
I_{imp}	[kA]	25	
U_p	[kV]	< 1,0	
U_{res+}	[kV]		1,25÷1,75
U_{res-}	[kV]		1,18÷1,67
$U_{zapł+}$	[kV]		1,25÷1,75
$U_{zapł-}$	[kV]		1,18÷1,67



Rys. 6.1. Przykłady przebiegów napięć i prądów przy badaniach SPD typu ETITEC – WENT TNC (I + II): a) udar prądowy 8/20 i napięcie obniżone U_{res} , b) napięcie zapłonu $U_{zapł}$ przy udarze 1,2/50, c) prądy i napięcie podczas kondycjonowania, d) fotografia uszkodzonego SPD typu LEUTRON PowerPro BCD 25kA (I+ II+III)

Na podstawie przedstawionych w tabelicy 6.1, wyników stwierdza się, że poziom ochrony (napięcie obniżone U_{res} i napięcie zapłonu $U_{zapł}$) może być przekroczony o 25 do 75 % przy udarze biegunowości dodatniej i o 18 do 67 % przy udarze biegunowości ujemnej, przy czym różnicy między napięciem zapłonu i napięciem obniżonym nie odnotowuje się. Podczas kondycjonowania nakładano udary prądowe o wartości 50 kA i kształcie 8/20 na napięcie przemiennie trwałej pracy o wartości $U_c = 255$ V, zwiększając za każdym razem przesunięcie fazowe o kąt 30° . Jak już wspomniano przy kącie 60° nastąpiło uszkodzenie SPD. W związku z tym dalsze próby tego SPD musiały być przerwane. Na rys. 6.1 przedstawiono przykładowe przebiegi napięć i prądów, obrazujące wyniki prób poziomu ochrony i kondycjonowania, oraz fotografię uszkodzonego SPD.

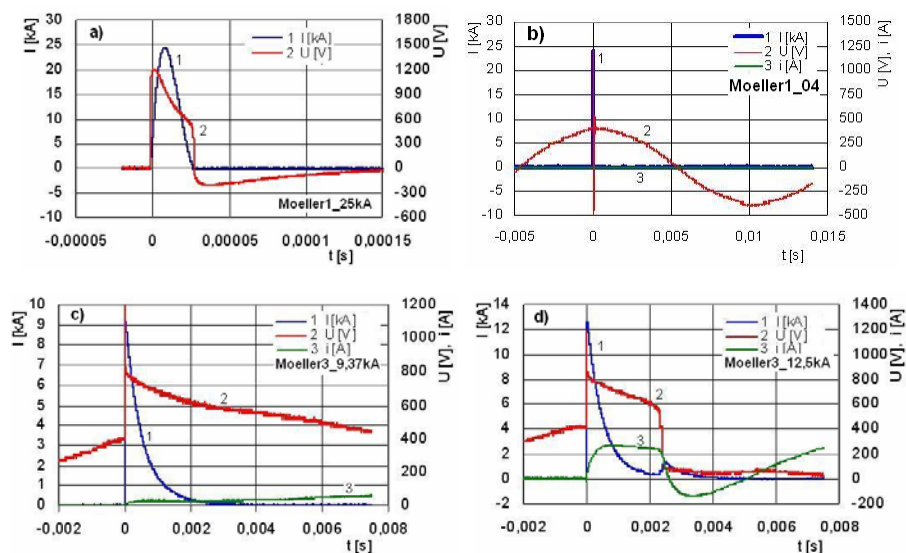
7. Badanie SPD typu Moeller SPB-12/280 (I + II)

Udostępniane przez producenta dane znamionowe badanego SPD oraz wyniki badania napięcia obniżonego U_{res} i wyniki próby działania klasy I, po wstępnym kondycjonowaniu, są przedstawione w tabelicy 7.1.

Tabl. 7.1. Dane i wyniki badań SPD typu Moeller SPB-12/280 (I + II)

Parametr SPD	Jednostka	Dane producenta	Dane pomiarowe	
U_c	[V]	280	280	
$0,5I_{imp}$	[kA]	-	6,24	6,26
$0,75I_{imp}$	[kA]	-	9,15	9,28
I_{imp}	[kA]	12,5	- ¹⁾	12,6 ²⁾
I_{max}	[kA]	50		
U_p	[kV]	1,5		
U_{res+}	[kV]		1,10÷1,22	
U_{res-}	[kV]		1,15÷1,19	
I_n	[kA]	25		
I_{n+}	[kA]		24,5	
I_{n-}	[kA]		24,5	
I_{bezp}	[A]	160	-	
Q	[As]	-	5,2 ¹⁾	6,82 ²⁾
W/R	[kJ/Ω]	-	22,9 ¹⁾	43,8 ²⁾
Uwagi: ¹⁾ defekt warystora i przerwanie obwodu po 10 ms; ²⁾ defekt warystora po 2,4 ms i przerwanie obwodu.				

Uzyskane wyniki pozwalają stwierdzić, że poziom ochrony nie został przekroczony. Napięcie obniżone U_{res} jest nawet niższe niż deklarowane przez producenta do 27 % w przypadku udaru prądowego biegunowości dodatniej i do 23 % w przypadku udaru prądowego biegunowości ujemnej. Podczas kondycjonowania badane SPD zachowywały się prawidłowo. Natomiast podczas zasadniczej próby działania udarem o kształcie 10/350, następowały uszkodzenia tych SPD przy wartościach szczytowych udaru niższych niż wartość deklarowana przez producenta (12,5 kA). I tak przy 75 % wartości szczytowej prądu (9,37 kA) następowały już pewne nieprawidłowości w rejestrowanych przebiegach, a przy pełnej wartości 12,5 kA nastąpiło zdecydowane uszkodzenie SPD. Przykłady przebiegów napięć i prądów, zarejestrowanych przy badaniu poziomu ochrony, podczas kondycjonowania i przy próbie działania różnymi wartościami prądu o kształcie 10/350, przedstawiono na rys. 7.1. SPD, uszkodzony przy prądzie 12,5 kA, został pokazany na rys. 7.2.



Rys. 7.1. Przykłady przebiegów napięć i prądów przy badaniach SPD typu Moeller SPB-12/280 (I + II): a) udar prądowy 8/20 i napięcie obniżone U_{res} , b) prądy i napięcia podczas kondycjonowania, c) przebiegi przy udarze prądowym 10/350 i wartości szczytowej 9,37 kA, d) jak w c) ale przy prądzie 12,5 kA (uszkodzenie)



Rys. 7.2. Fotografia uszkodzonego SPD typu Moeller SPB-12/280 (I + II), przy udarze 12,5 kA (10/350)

8. Badanie SPD typu OBO V25-B+C/3 (I + II)

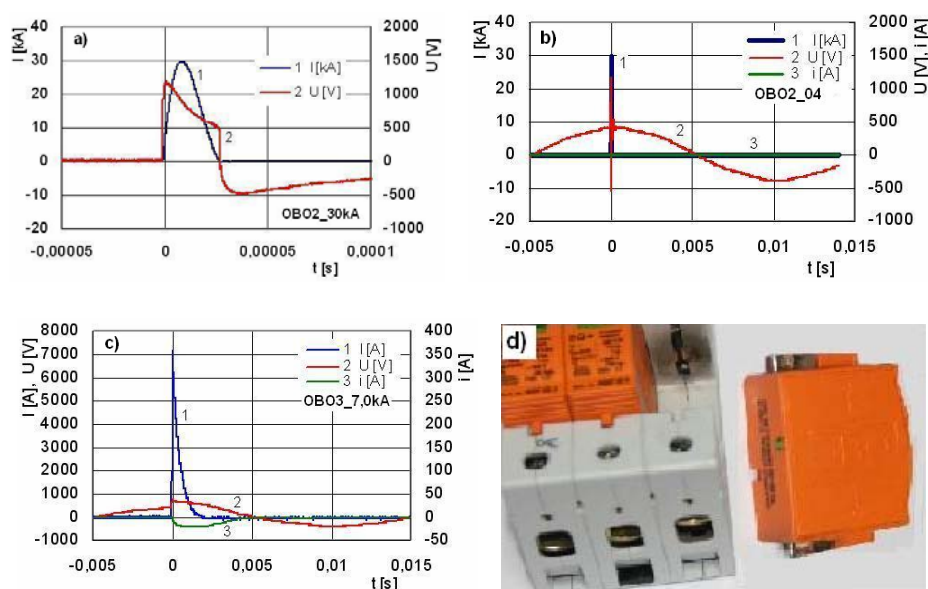
Udostępniane przez producenta dane znamionowe badanego SPD oraz wyniki badania napięcia obniżonego U_{res} i wyniki prób kondycjonowania oraz prób działania klasy I, po wstępnym kondycjonowaniu, są przedstawione w tabelicy 8.1.

Uzyskane wyniki pozwalają stwierdzić, że poziom ochrony jest przekraczany do 35 %, przy biegunowości dodatniej udaru prądowego 8/20, i do 38 % przy biegunowości ujemnej tego udaru. Podczas kondycjonowania badane SPD zachowywały się prawidłowo. Również podczas zasadniczej próby działania udarem o kształcie 10/350, działanie to było w zasadzie prawidłowe. W granicach deklarowanej przez producenta wartości prądu, równej 7 kA, warystory wykazywały należyłą odporność, chociaż nie można było tego powiedzieć o całym urządzeniu. Słabym jego miejscem okazało się być połączenie stykowe wkładki warystorowej z podstawą, gdzie następowały uszkodzenia termiczne.

Przykłady przebiegów napięć i prądów, zarejestrowanych przy badaniu poziomu ochrony, podczas kondycjonowania i przy próbie działania różnymi wartościami prądu o kształcie 10/350, przedstawiono na rys. 8.1, na którym zamieszczono również fotografię SPD z uwidoczniwionym uszkodzeniem termicznym połączeń stykowych.

Tabl. 8.1. Dane i wyniki badań SPD typu OBO V25-B+C/3 (I + II)

Parametr SPD	Jednostka	Dane producenta	Dane pomiarowe
U_C	[V]	280	
$0,5I_{imp}$	[kA]		3,62
$0,75I_{imp}$	[kA]		5,39
I_{imp}	[kA]	7,0	7,23
I_{max}	[kA]	50	
U_P	[kV]	< 0,9	
U_{res+}	[kV]	-	1,16÷1,22
U_{res-}	[kV]	-	1,18÷1,24
I_n	[kA]	30	-
I_{n+}	[kA]		29,9÷30,0
I_{n-}	[kA]		29,5
I_{bezp}	[A]	160	-
Q	[As]		3,21
W/R	[kJ/Ω]		12,5



Rys. 8.1. Przykłady przebiegów napięć i prądów przy badaniach SPD typu OBO V25-B+C/3 (I + II): a) udar prądowy 8/20 i napięcie obniżone U_{res} , b) prądy i napięcia podczas kondycjonowania, c) przebiegi przy udarze prądowym 10/350 i wartości szczytowej 7 kA, d) fotografia uszkodzonych styków badanego SPD

9. Badania koordynacyjne

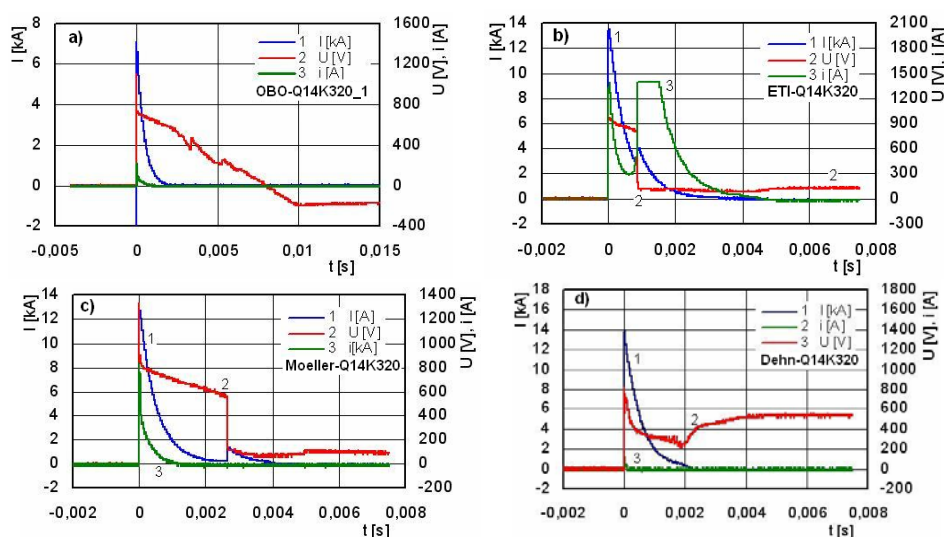
Ograniczniki typu I+II powinny z założenia chronić skutecznie przyłączone do ich zacisków urządzenia. Aby sprawdzić stopień tej skuteczności postanowiono zbadać układ, w którym urządzeniem chronionym był dodatkowy ogranicznik warystorowy typu EPCOS Q14K320, o maksymalnym prądzie wyładowczym $I_{max} = 8$ kA (8/20), napięciu roboczym 320 V (wartość skuteczna) i poziomie ochrony 0,84 kV. Ochronę tego warystora stanowiły ograniczniki wyszczególnione, wraz podanymi wynikami badań, w Tabl. 9.

Poddane badaniom układy były zasilane napięciem dostosowanym do napięcia trwałej pracy warystorów U_C . Do układu ograniczników doprowadzono udary prądowe 10/350 o wartościach I_{imp} , zbliżonych do deklarowanych, z wyjątkiem układu z ogranicznikiem DEHNventil DV TNC 255, dla którego przyjęto prąd na poziomie porównywalnym z prądem w dwu innych ogranicznikach.

Tablica 9. Zestawienie badanych układów ich parametrów i wyników prób

Dane SPD	OBO V25-B+C/3 + Q14K320	ETITEC – WENT TNC + Q14K320	Moeller SPB-12/280 + Q14K320	DEHNventil DV TNC 255 + Q14K320
I_{imp} deklarowane [kA]	7,0	12,5	12,5	25
I_{imp} zmierzone [kA]	6,96	13,4	12,6	13,8
Q [As]	3,2 ¹⁾	5,63 ²⁾	6,81 ²⁾	7,34
W/R [kJ/ Ω]	12,0 ¹⁾	41,3 ²⁾	43,8 ²⁾	51,4
U_{var} max [kV]	0,74	1,07	1,32	0,82
I_{var} max [kA]	0,263	1,5	0,85	0,65
$t_{ivar(DEF)}$ [μ s]	\approx 600	850	2610	\approx 20
Uwagi: ¹⁾ wartości krytyczne; ²⁾ wartości powodujące uszkodzenie				

Wyniki pomiarów zilustrowano na wykresach z Rys. 9.1. Przed skomentowaniem tych wyników warto sobie uświadomić, że warunki koordynacji zależą od typu i parametrów współdziałających SPD [5], [6], [8].

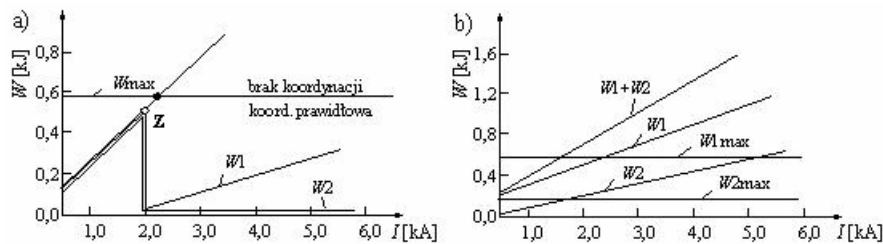


Rys. 9.1. Przykłady charakterystyk uzyskanych podczas prób koordynacyjnych warystora typu Q14K320 z SPD typu: a) OBO V25-B+C/3, b) ETITEC – WENT TNC, c) Moeller SPB-12/280, d) DEHNventil DV TNC 255.

W układzie, w którym element ucinający stanowi pierwszy stopień ochrony, warystor drugiego stopnia jest obciążany całkowitą energią fali przepięciowej do chwili zadziałania elementu ucinającego (punkt Z na Rys. 9.2 a). Jeżeli nie jest w stanie pochłoniąć tej energii to ulega uszkodzeniu. Prawidłowa koordynacja polega więc na zapewnieniu zadziałania elementu ucinającego przed pochłonięciem przez warystor dopuszczalnej dla niego energii W_{max} . Natomiast w układzie, w którym pierwszy stopień ochrony stanowi również warystor, to energia fali przepięciowej jest pochłaniana od samego początku w odpowiedniej proporcji $W_1:W_2$ (zwykle $W_1 > W_2$) przez oba warystory $W_1 + W_2$ (Rys. 9.2b). Jeżeli któryś z nich nie jest w stanie pochłoniąć przypadającej na niego energii to ulega uszkodzeniu. Prawidłowa koordynacja polega więc na zadbanie by spodziewana energia w miejscu zainstalowania układu nie była większa niż suma energii $W_{1max} + W_{2max}$ oraz by energia była prawidłowo podzielona na energie W_1 i W_2 .

W rozpatrywanych układach sytuacja jest nieco bardziej złożona, gdyż stopień pierwszy stanowi SPD typu I+II. Ogólnie jednak stwarza on łagodniejsze warunki dla stopnia drugiego, które zależą od tego, czy stopień pierwszy zawiera element ucinający, czy nie. Jak widać z

Rys. 9.1 a i d, brak elementu ucinającego w stopniu pierwszym stwarza mniej korzystne warunki dla stopnia drugiego.



Rys. 9.2. Zasady energetycznej koordynacji SPD: a) typu 1 (iskiernik) i typu 2 (warystor), b) typu 1 (warystor) i typu 2 (warystor);

W pierwszym układzie (Rys. 9.1 a) przepływ prądu w warystorze stopnia drugiego trwa ok. 600 μ s, natomiast w układzie drugim (Rys. 9.1 d) ulega on skróceniu aż do ok. 20 μ s. Nic więc dziwnego, że w pierwszym układzie warystor stopnia drugiego osiągnął krytyczne warunki energetyczne i tylko chyba szczęśliwy przypadek zrzucił, że nie został on uszkodzony. W pozostałych dwóch układach (Rys. 9.1b i c) takiego szczęśliwego przypadku niestety nie odnotowano i oba warystory uległy uszkodzeniu. Nastąpiło to w układzie warystora Q14K320 z SPD ETITEC–WENT TNC (I + II) po czasie $t_{\text{ivar(def)}} = 850 \mu$ s (Tabl. 9 i Rys. 9.1b), a w układzie z SPD Moeller SPB-12/280 (I + II) – po czasie $t_{\text{ivar(def)}} = 2610 \mu$ s (Tabl. 9 i Rys. 9.1c). Jak widać, prawidłowe skoordynowanie energetyczne środków ochrony ma zasadnicze znaczenie.

10. Wnioski i postulaty

Przeprowadzone w artykule i wsparte wynikami badań rozważania pozwalają sformułować wnioski dotyczące zarówno badanych SPD, jak i bardziej ogólne, dotyczące doboru i stosowania SPD, a także postulaty dotyczące postanowień normatywnych z tego zakresu.

W odniesieniu do badanych SPD wnioskuje się, że:

- zgodność poziomów ochrony z deklaracjami producentów wykazują ograniczniki SPB-12/280 (I + II) firmy Moeller i ograniczniki DV TNC 255 I+II firmy DEHN+SÖHNE;
- zgodność odporności prądowej udarowej 10/350 z deklaracjami producentów wykazują ograniczniki DV TNC 255 I+II firmy DEHN+SÖHNE oraz ograniczniki V25-B+C/3 (I + II) firmy OBO Bettermann, które jednak mają słaby punkt na styku wkładek z podstawą;
- zgodność odporności prądowej udarowej 10/350 z deklaracjami producenta ogranicznika PowerPro BCD 25kA (I+ II+III) firmy LEUTRON nie mogła być potwierdzona ze względu na jego uszkodzenie podczas wstępnego kondycjonowania;
- spełnienie warunków koordynacyjnych zapewnia ogranicznik DV TNC 255 I+II firmy DEHN+SÖHNE i w ograniczonym zakresie ogranicznik V25-B+C/3 (I + II) firmy OBO Bettermann;
- zachowanie się próbek w każdym zestawie danej firmy jest niemal identyczne, co wskazuje na powtarzalność ich cech oraz warunków probierczych.

Uogólniając wyniki prób i przeprowadzonych rozważań, wnioskuje się, by:

- w trosce o właściwy dobór SPD i komfort ich nabywców, dane katalogowe SPD (obecnie niepełne) zawierały szczegółowe informacje dotyczące: struktury, schematu połączeń elementów składowych, zasady działania i wszystkich parametrów, a więc informacje, które nie mogą być identyfikowane z danymi technologicznymi i obejmowane tajemnicą handlową;

- informacje dotyczące SPD typu I+II i typu I+II+III zawierały wyraźne stwierdzenie, że ograniczniki te są przeznaczone do instalowania w niewielkiej odległości od chronionego obiektu, a jeżeli są instalowane w pobliżu złącza instalacji elektrycznej, to nie chronią wszystkich przyłączonych do niej urządzeń elektrycznych i elektronicznych,
- wszystkie ograniczniki typu I+II, przeznaczone do instalowania w złączu instalacji elektrycznej obiektu wyposażonego w LPS, zawierały element ucinający,
- ograniczniki typu I+II, nie zawierające elementu ucinającego, były instalowane w miejscach, gdzie prądy udarowe 10/350 nie przekraczają znacznie poziomu $I_{imp} = 7 \text{ kA}$,
- ograniczniki typu I+II+III, których stosowanie nie znajduje racjonalnego uzasadnienia technicznego, były wycofane z ofert rynkowych.

W odniesieniu do postanowień normatywnych postuluje się, by:

- ograniczniki kombinowane typu I+II zostały objęte klasyfikacją zawartą w postanowieniach 4 normy [6], a ogranicznik typu I+II+III - zdyskwalifikowane ;
- wymagania stawiane ogranicznikom kombinowanym typu I+II oraz próby koordynacyjne SPD zostały objęte badaniami typu wg postanowień 7 normy [6];
- obligatoryjnie wymagane w postanowieniach 6 normy [6] dane zostały uzupełnione informacjami dotyczącymi budowy, zasad działania i schematów strukturalnych SPD.

Literatura

- [1] EN 61643-11:2002. Low-voltage surge protective devices Part 11: Surge protective devices connected to low-voltage power systems – Requirements and tests. (IDT z [6])
- [2] EN 61643-11:2002 +prA11:2006 Low-voltage surge protective devices Part 11: Surge protective devices connected to low-voltage power systems – Requirements and tests. (różna od [1] i [6])
- [3] Ehrler J., Gmelch L.: Technologiekonflikt? Kombi-Ableiter für den Blitz- und Überspannungsschutz. G&H Nr 4, 2004.
- [4] Flisowski Z.: Potrzeba stosowania i ocena skuteczności ochrony instalacji elektrycznych od przepięć atmosferycznych. Elektroinstalator 9/2006.
- [5] IEC 61643-12:2005. Low-voltage surge protection devices. Surge protection devices connected to low-voltage power distribution systems - Part 2: Selection and application principles.
- [6] IEC 61643-1:2005 Ed.2. Low-voltage surge protective devices Part 11: Surge protective devices connected to low-voltage power systems – Requirements and tests. (IDT z [1])
- [7] IEC 61643-11:2006. Ed.1. Low-voltage surge protective devices Part 11: Surge protective devices connected to low-voltage power systems – Requirements and tests (różna od [1] i [6]).
- [8] PN-IEC/TS 61312-3: 2003. Ochrona przed piorunowym impulsem elektromagnetycznym (LEMP). Część 3: Wymagania dotyczące urządzeń do ograniczania przepięć (SPD).
- [9] PN-EN 61643-11:2006. Niskonapięciowe urządzenia do ograniczania przepięć. Część 11: Urządzenia do ograniczania przepięć w sieciach rozdzielczych niskiego napięcia. Wymagania i próby (IDT z [1] i [6]).