

LABORATORYJNE BADANIE SKUTECZNEJ ODLEGŁOŚCI OCHRONNEJ OGRANICZNIKÓW PRZEPIĘĆ NISKIEGO NAPIĘCIA

Jarosław WIATER

Politechnika Białostocka, Wydział Elektryczny
tel.: 85 746 9979 e-mail: jaroslawwiater@we.pb.edu.pl

Streszczenie: W artykule zaprezentowano wyniki badań skutecznej odległości, dla której zapewniany jest wymagany poziom ochrony przeciwprzebieciowej urządzeń końcowych przy zastosowaniu ogranicznika przepięć typu 2. Badania przeprowadzono z wykorzystaniem wysokonapięciowego generatora prądów udarowych. Weryfikację zalecanego odstepu przeprowadzono dla trzech różnych wartości prądu udarowego (8/20 μ s) 5 kA, 11 kA, 15 kA oraz dla trzech różnych rodzajów obciążeń układu: żarówka, świetlówka, zasilacz impulsowy od komputera przenośnego. Normy [3,4] zalecają umieszczanie urządzenia końcowego w odległości do 10 metrów pomiędzy SPD a chronionym urządzeniem. Przeprowadzone badania wykazują, iż odległość proponowana w normach jest za duża i zależy od charakteru obciążenia.

Słowa kluczowe: ogranicznik przepięć (SPD), badanie, odstęp maksymalny, instalacje elektryczne niskiego napięcia (nn).

1. WSTĘP

Jednym z problemów z jakim spotykają się projektanci instalacji elektrycznych, jest pytanie kiedy należy zaprojektować kolejny stopień ochrony przepięciowej. Jest to ważne w rozbudowanych instalacjach elektrycznych nowoczesnych wielokondygnacyjnych budynków mieszkalno-biurowych lub w przypadku obiektów przemysłowych. Ustanowione nowe edycje norm z zakresu ochrony odgromowej [3] oraz instalacji elektrycznych [4] prezentują analogiczne podejście, ograniczając skuteczną odległość działania urządzeń ograniczających przepięcia (SPD) do około 10 m. Zwiększenie tej odległości jest możliwe, ale pod warunkiem spełnienia szeregu wymagań w zakresie napięciowego poziomu ochrony SPD oraz odporności udarowej chronionego urządzenia. W niektórych przypadkach wymagana jest również analiza zagrożenia przepięciami indukowanymi.

W artykule przedstawiono i porównano wymagania w zakresie konieczności stosowania kolejnych stopni SPD z aktualnych edycji norm [3,4]. Poddano weryfikacji laboratoryjnej skuteczność ochrony przeciwprzebieciowej urządzeń końcowych chronionych SPD umieszczonym w wymaganej normą [4] odległości 10 m.

2. WYMAGANIA NORMATYWNE W ZAKRESIE ODLEGŁOŚCI OCHRONNEJ

Wymagania stosowania środków zawarte zostały w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie Warunków Technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [2]. Instalacja i urządzenia elektryczne, przy zachowaniu wymagań Polskich Norm odnoszących się do tych instalacji i urządzeń, powinny zapewniać ochronę przed przepięciami łączeniowymi i atmosferycznymi. W załączniku Z1 do rozporządzenia [2] przywołane zostały Polskie Normy, których zastosowanie pozwala na spełnienie wymagań zawartych w w/w akcie prawnym.

W przypadku budynków wyposażony w urządzenie piorunochronne informacje o doborze i stosowaniu ograniczników przepięć chroniących przed udarami powodowanymi przez przepięcia atmosferyczne, podano w normie PN-EN 62305-4 [3].

Zgodnie z zapisami normy miejsce montażu SPD powinno uwzględniać wpływ określonego źródła uszkodzeń (wyładowania piorunowe w obiekt, w linię lub w ich pobliżu) oraz możliwości odprowadzenia prądu udarowego do ziemi (możliwie najbliższej punktu wejścia linii do obiektu).

Niższy poziom zagrożenia udarowego a tym samym większe bezpieczeństwo dla urządzeń zapewnia stosowanie skoordynowanego układu SPD. Jednak niektóre urządzenia mogą zawierać wewnętrzne SPD, których właściwości mogą wpływać na wymagania koordynacyjne. W budynkach z nieskoordynowanymi SPD jest możliwe wystąpienie uszkodzeń wewnętrznych urządzeń, jeżeli SPD od strony odbiorów lub SPD w obrębie urządzenia, przeszkodzi prawidłowemu działaniu SPD na wejściu linii do obiektu.

Zgodnie z załącznikiem C do PN-EN 62305-4 [3] przyjmuje się, że urządzenie jest chronione zainstalowanym przed nim ogranicznikiem przepięć jeżeli tylko występuje odpowiednia zależność pomiędzy poziomem ochrony zapewnianym przez SPD i poziomem wytrzymałości udarowej urządzenia. Rozpatruje się przedstawione poniżej przypadki opisujące wzajemne rozmieszczenie ogranicznika przepięć i chronionego urządzenia:

- a) długość obwodu między SPD i chronionym urządzeniem jest pomijalna (SPD zainstalowany jest przy zaciskach urządzenia),
 b) długość obwodu między SPD i chronionym urządzeniem jest $L < 10\text{m}$ (SPD zainstalowany został w piętrowej tablicy rozdzielczej albo przy gniazdku wtyczkowym), wtedy rzeczywisty poziom ochrony musi zapewniać warunek:

$$U_{P/F} \leq 0,8 U_w \quad (1)$$

gdzie: $U_{P/F}$ – rzeczywisty napięciowy poziom ochrony,
 U_w – znamionowe napięcie udarowe urządzenia końcowego.

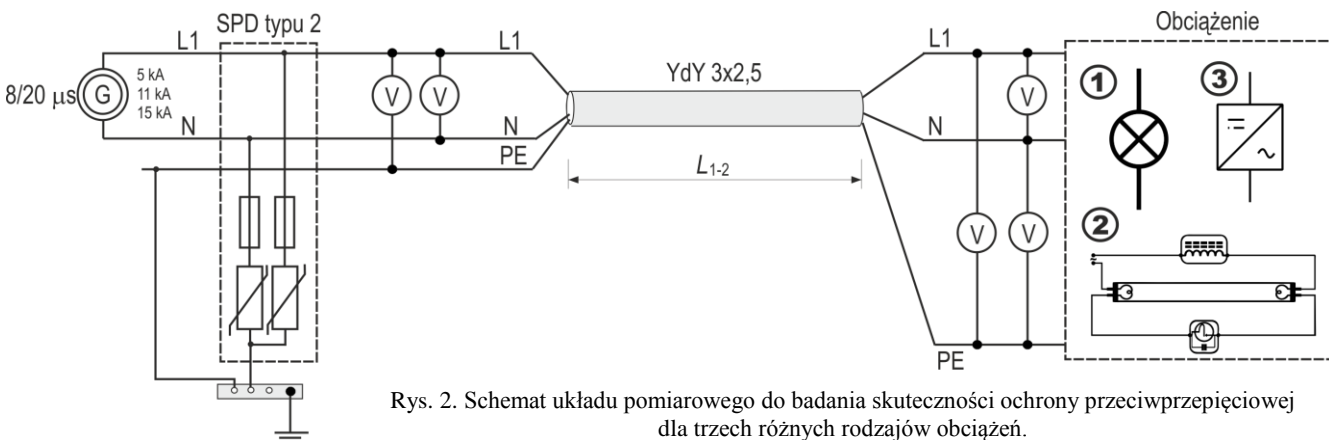
- c) długość obwodu między SPD i chronionym urządzeniem jest $L > 10\text{m}$ (SPD zainstalowany na wejściu linii do obiektu lub głównej/piętrowej tablicy rozdzielczej) to konieczne jest uwzględnienie wpływu przepięć indukowanych U_i , wtedy rzeczywisty poziom ochrony musi zapewniać warunek:

$$U_{P/F} \leq (U_w - U_i) / 2 \quad (2)$$

gdzie: U_i – napięcie indukowane.

W przypadku normy dotyczącej doboru i montażu SPD w instalacjach elektrycznych nn, nowa edycja arkusza PN-HD 60364-5-534 [4] nawiązuje do aktualnych zapisów zawartych w załączniku C do normy PN-EN 62305-4 [3]. W akapicie dotyczącym skutecznej odległości ochronnej zapewnianej przez SPD przyjęto, że ochrona przepięciowa jest skuteczna jeżeli odległość pomiędzy SPD a chronionym urządzeniem jest nie większa niż 10 m. Jeżeli odległość między SPD a chronionym urządzeniem jest większa niż 10 m, należy zastosować dodatkowe środki ochrony, takie jak np.:

- a) dodatkowy ogranicznik przepięć zainstalowany w blisko chronionego urządzenia, którego napięciowy poziom ochrony U_p jest mniejszy od znamionowego napięcia udarowego U_w chronionego urządzenia,
 b) zastosowane w złączu instalacji lub w jego pobliżu SPD o niższym napięciowym poziomie ochrony U_p wraz z innymi środkami ochrony, jak np. ekranowane przewody, we wszystkich chronionych obwodach.



Rys. 2. Schemat układu pomiarowego do badania skuteczności ochrony przeciwprzepięciowej dla trzech różnych rodzajów obciążeń.

Podobne zapisy występują w przypadku normy instalacyjnej PN-HD 60364-7-712 [5] zawierającej wymagania dotyczące fotowoltaicznych (PV) układów zasilania.

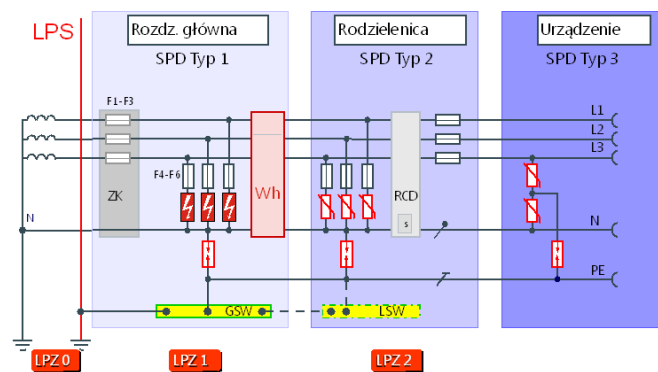
W instalacji elektrycznej dla części napięcia przemiennego (AC), gdzie wymagane jest zastosowanie SPD, a falownik znajduje się w odległości większej niż 10 m

od złącza instalacji, należy oprócz SPD znajdującego się w złączu instalacji – dodatkowo zainstalować SPD w pobliżu falownika.

W instalacji napięcia stałego (DC) ograniczniki przepięć powinny znajdować się jak najbliżej falownika. W przypadku odległości między wejściem kabla DC do budynku a falownikiem przekraczającej 10 m, mogą być wymagane dodatkowe SPD, poza falownikiem.

W rozległych instalacjach elektrycznych występuje zagrożenie wystąpienia przepięć wewnętrznych pomiędzy przewodami fazowymi oraz pomiędzy przewodami fazowymi a przewodem neutralnym. W takim przypadku przepięcia pojawiające się na wejściu urządzenia mogą osiągnąć wartości szczytowe przekraczające jego wytrzymałość napięciową U_w .

Zgodnie z normą [3] rozwiązaniem zapewniającym właściwe ograniczenie przepięć jest zastosowanie układu skoordynowanych ze sobą SPD – w tym też typu 3 przed bezpośrednio chronionym urządzeniem (rys. 1).



Rys. 1. Koordynacja energetyczna ochrony przepięciowej zgodnie z normą [3]

3. BADANIA LABORATORYJNE

Celem weryfikacji skuteczności ochrony przeciwprzepięciowej urządzenia końcowego dla zalecanego odstępów 10 metrów (pomiędzy SPD a chronionym urządzeniem) przeprowadzono pomiary laboratoryjne. Do tego celu wykorzystano wysokonapięciowy generator

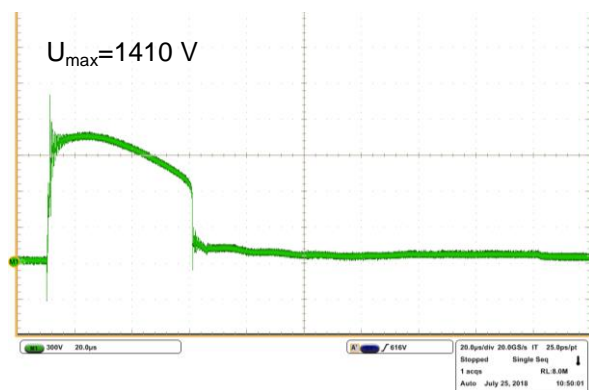
prądów udarowych $8/20\ \mu\text{s}$. Schemat układu pomiarowego zamieszczono na rysunku 2. Zbudowane stanowisko pomiarowe odzwierciedla rzeczywistą instalację niskiego napięcia bez układów zabezpieczeń nadmiarowo-prądowych, różnicowych. Napięcie N-PE wyznaczono poprzez matematyczne odjęcie $L1-N$ i $L1-PE$.

Weryfikację zalecanego odstępu przeprowadzono dla trzech różnych wartości prądu udarowego o kształcie 8/20 μ s - 5 kA, 11 kA, 15 kA oraz dla trzech różnych rodzajów obciążeń układu:

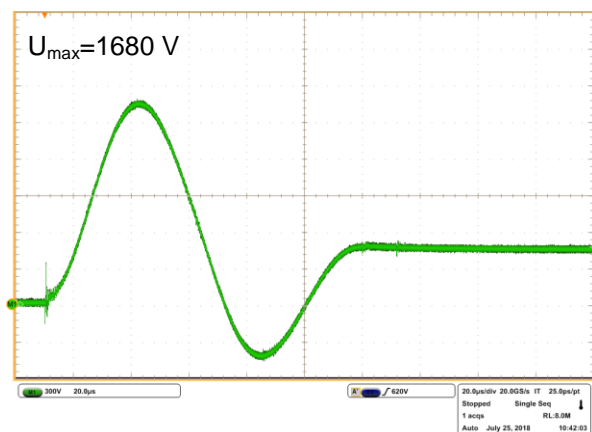
- żarówka (R),
- światłówka (RL),
- zasilacz impulsowy od komputera przenośnego (RC).

Zarejestrowane przebiegi napięć na wejściu poszczególnych rodzajów obciążeń zestawiono na rysunkach 3-11. Wraz ze wzrostem prądu generatora obserwowany jest wzrost napięcia na wejściu (U_{LI-N}) wszystkich rodzajów obciążenia. W przypadku zasilacza impulsowego do laptopa obserwowane są wysokoczęstotliwościowe oscylacje zbrocza narastającego napięcia. Przy prądzie na poziomie 15 kA wartość szczytowa napięcia osiąga wartość 1600 V (rysunek 4). W tym momencie na SPD chroniącym zasilacz występuje napięcie 1275 V. Obserwowany wzrost napięcia o 325 V na odcinku 10 metrów przewodu przekracza założony napięciowy poziom ochrony wynoszący 1500 V. Podobne zjawisko choć w mniejszej skali obserwowane jest dla obciążenia w postaci światłówki. Pozwala to stwierdzić, iż charakter obciążenia wpływa na wartość szczytową napięcia na urządzeniu końcowym oddalonym o 10 m od SPD.

Przedstawione wyniki badań jednoznacznie wykazują, iż umieszczenie SPD w rozdzielni głównej jak i piętrowej jest w nie wystarczające z punktu widzenia ochrony przeciwprzepięciowej. Skuteczność ochrony, w niektórych przypadkach może być znikoma lub żadna. W dobie nagannych praktyk producentów sprzętu elektronicznego (programowanie zużycia) ochrona przeciwprzepięciowa winna uwzględniać powszechnie stosowany w praktyce dobrego inżyniera zapas technologiczny.



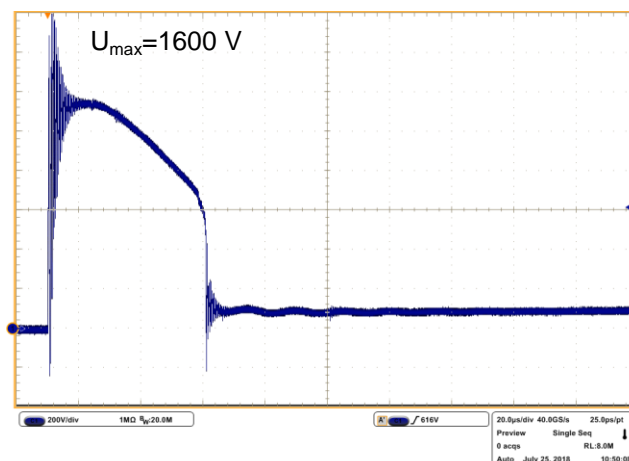
Rys. 3. Napięcie U_{LI-N} na wejściu żarówki (1) dla prądu generatora 15 kA – nastawy oscyloskopu 300 V/div, 20 μ s/div



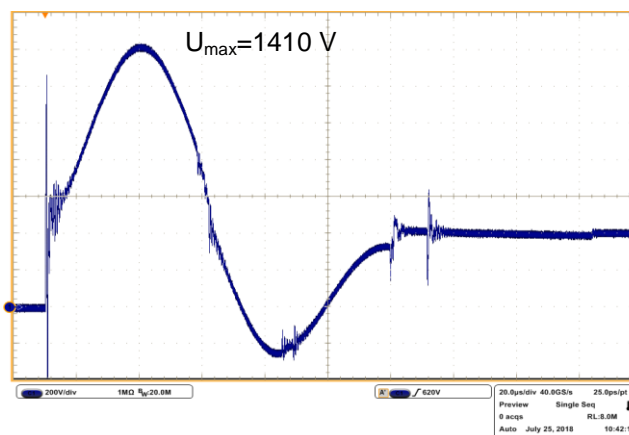
Rys. 4. Napięcie U_{LI-N} na zaciskach światłówki (2) dla prądu generatora 15 kA – nastawy oscyloskopu 300 V/div, 20 μ s/div



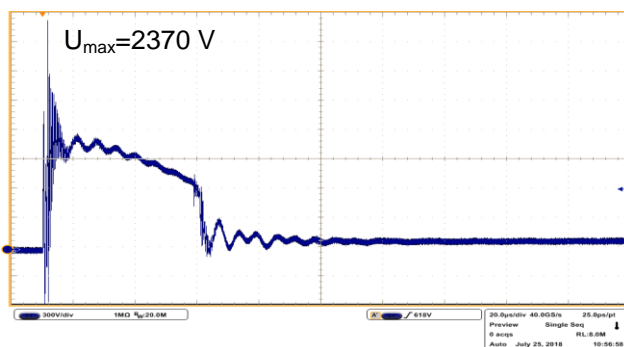
Rys. 5. Napięcie U_{LI-N} na zaciskach zasilacza impulsowego (3) dla prądu generatora 15 kA – nastawy oscyloskopu 300 V/div, 20 μ s/div



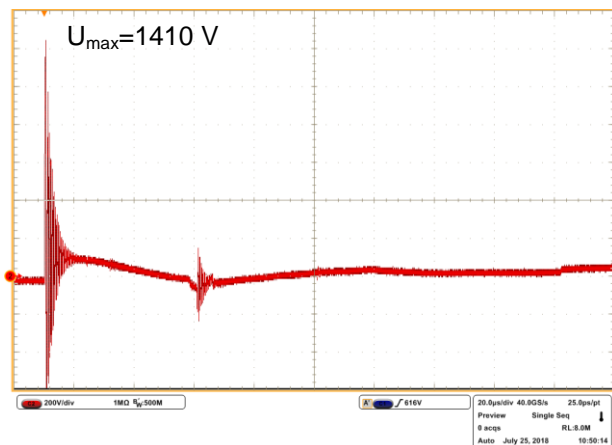
Rys. 6. Napięcie U_{LI-PE} na zaciskach żarówki (1) dla prądu generatora 15 kA - nastawy oscyloskopu 200 V/div, 20 μ s/div



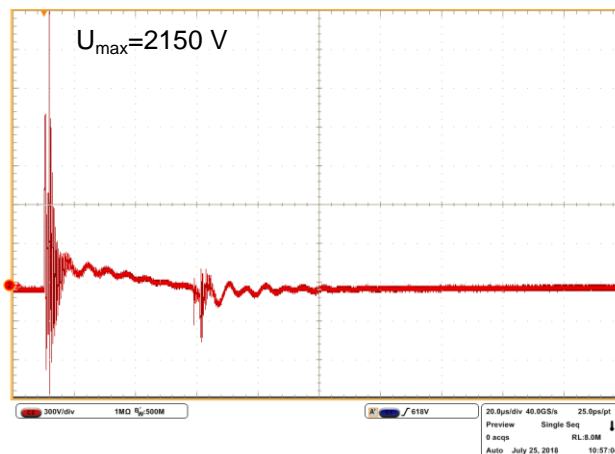
Rys. 7. Napięcie U_{LI-PE} na zaciskach światłówki (2) dla prądu generatora 15 kA, nastawy oscyloskopu 200 V/div, 20 μ s/div



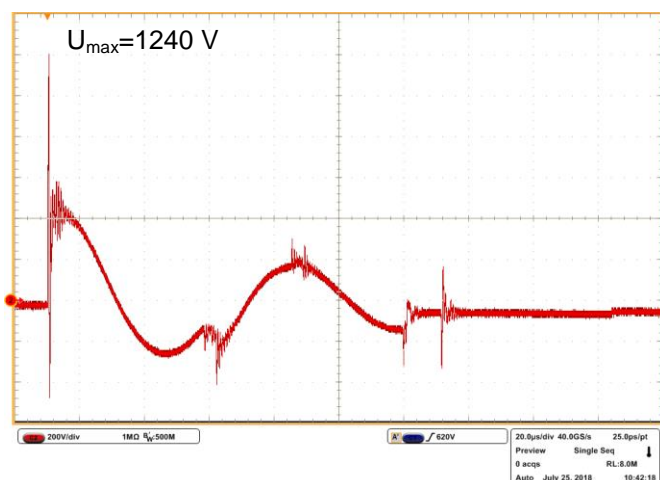
Rys. 8. Napięcie U_{LI-PE} na zaciskach zasilacza impulsowego (3) dla prądu generatora 15 kA - nastawy oscyloskopu 300 V/div, 20 μ s/div



Rys. 9. Napięcie U_{N-PE} na zaciskach żarówki (1) dla prądu generatora 15 kA - nastawy oscyloskopu 200 V/div, 20 μ s/div



Rys. 11. Napięcie U_{N-PE} na zaciskach zasilacza impulsowego (3) dla prądu generatora 15 kA - nastawy oscyloskopu 300 V/div, 20 μ s/div



Rys. 10. Napięcie U_{N-PE} na zaciskach świetlówki (2) dla prądu generatora 15 kA - nastawy oscyloskopu 200 V/div, 20 μ s/div

4. WNIOSKI KOŃCOWE

Przedstawione w normach zalecenia dotyczące wymagań w zakresie odległości ochronnych pomiędzy układami SPD a obwodami wejściowymi chronionych urządzeń pozwalają zmniejszyć zagrożenie przepięciowe urządzeń oraz uprościć zasady doboru ograniczników przepięć w instalacjach elektrycznych. Szczególnie ważne jest osiągnięcie porozumienia przez poszczególne komitety techniczne IEC oraz CENELEC w zakresie ujednoczenia wymagań i przyjęcie jednej wartości granicznej odległości ochronnej wynoszącej 10 m.

Przeprowadzone badania laboratoryjne pozwalają na stwierdzenie, iż odległość 10 m jest wielkością graniczną dla niektórych rodzajów obciążeń może dojść do uszkodzenia chronionego zgodnie z normą urządzenia. Mając na uwadze programowane zużycie (postarzenie) szczególnie urządzeń elektronicznych zaleca się stosowanie dodatkowych SPD do ochrony urządzeń już przy odległości 5 m pomiędzy zaciskami wejściowymi a poprzedzającym SPD. Szczególnie jest to istotne w przypadku urządzeń o wytrzymałości przepięciowej poniżej 2,5kV.

5. BIBLIOGRAFIA

1. Sowa A.W.: Odległości pomiędzy urządzeniami do ograniczania przepięć a chronionym urządzeniem. Materiały VI Krajowej Konferencji Naukowo-Technicznej – Urządzenia piorunochronne w projektowaniu i budowie. Kraków 2011.
2. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. z 2015 r. poz. 1422 i z 2017 r. poz. 2285).
3. PN-EN 62305-4:2011 Ochrona odgromowa. Część 4: Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach
4. PN-HD 60364-5-534:2016 Instalacje elektryczne niskiego napięcia Część 5-534: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego Odłączanie izolacyjne, łączenie i sterowanie Urządzenia do ochrony przed przejściowymi przepięciami.
5. PN-HD 60364-7-712:2016-05 Instalacje elektryczne niskiego napięcia - Część 7-712: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji - Fotowoltaiczne (PV) układy zasilania

LABORATORY TESTING OF EFFECTIVE PROTECTIVE DISTANCE OF LOW VOLTAGE SURGE PROTECTION DEVICES

The article presents the results of effective distance testing, for which the required level of surge protection of equipment is provided using a type 2 surge arrester. The tests were carried out using a high voltage surge current generator. Verification of the recommended gap was performed for three different values of the surge current 8/20 μ s 5 kA, 11 kA, 15 kA and for three different types of system loads: light bulb, fluorescent lamp, switched mode power supply from a laptop. Standards recommend placing the terminal device within 10 meters between the SPD and the protected device. The tests carried out show that the distance proposed in the standards is too high and depends on the nature of the load.

Keywords: surge arrester, SPD, test, maximum distance, low voltage.