

Ochrona instalacji PV

Artykuł, w zwięzły sposób, opisuje podstawowe metody ochrony instalacji PV przed przepięciami powodowanymi przez takie zjawiska, jak wyładowania atmosferyczne. Działania w instalacjach prądu stałego o napięciu kilkuset woltów wymagają zastosowania odpowiedniej aparatury.

Popularność instalacji fotowoltaicznych, zwanych instalacjami PV, spowodowała rozwój ochronników i zabezpieczeń DC klasy 1 i 2. Zanim przejdziemy do omówienia ich budowy, należy zastanowić się, jakie ograniczenia wnoszą prąd stały.

Bezpieczniki

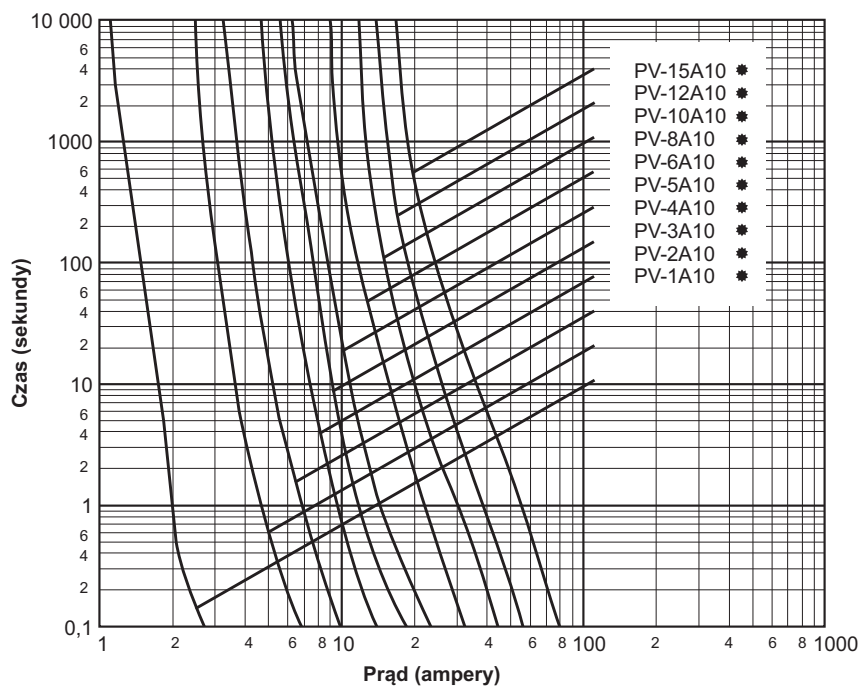
Na **fotografii 1** zostały pokazane 3 bezpieczniki. Są to (od prawej strony): standardowy bezpiecznik sieciowy 230 V, następnie bezpiecznik dla prądu przemiennego na 1000 V oraz bezpiecznik dla prądu stałego. Nie bez powodu bezpiecznik DC ma takie wymiary. **Przerywanie prądu stałego wiąże się z powstaniem łuku elektrycznego do przerwania którego potrzebny jest zwiększony dystans.** Nie występuje tutaj efekt samoczynnego gaszenia jaki ma miejsce przy prądzie przemiennym przy przejściu napięcia przez 0 (zero). Dodatkowo bezpieczniki stosowane do zabezpieczania instalacji PV powinny mieć charakterystykę typu gPV. Typoszeręg takich charakterystyk pokazano na **rysunku 1**. W porównaniu do zabezpieczeń typu „B” lub „C” charakterystyka gPV przebiega bardziej stromo. Wynika to z warunków pracy paneli, gdzie I_{mp} (prąd mocy maksymalnej) wynosi zaLEDwie kilkanaście procent mniej niż prąd zwarcia I_{sc} .

W instalacjach PV podobnie jak dla sieci energetycznych, wyróżniamy ochronniki typu 1 i 2. Ochronniki typu 1 służą do zabezpieczania przed przepięciami o wysokiej wartości prądu udarowego wywołwanymi bezpośrednim uderzeniem pioruna. Ochronniki typu 2 mają za zadanie ochronę przed przepięciami o mniejszej energii np. indukowanymi w przewodach w wyniku wyładowania doziemnego w okolicy. Istnieją także ochronniki kombinowane, czyli łączące typ 1 i 2 w jednej obudowie. Wymagania wobec typów 1 i 2 różnią się znacznie. Dobrze obrazuje to **rysunek 2**, na którym są na siebie nałożone poszczególne przepięcia w ujęciu przez normy.

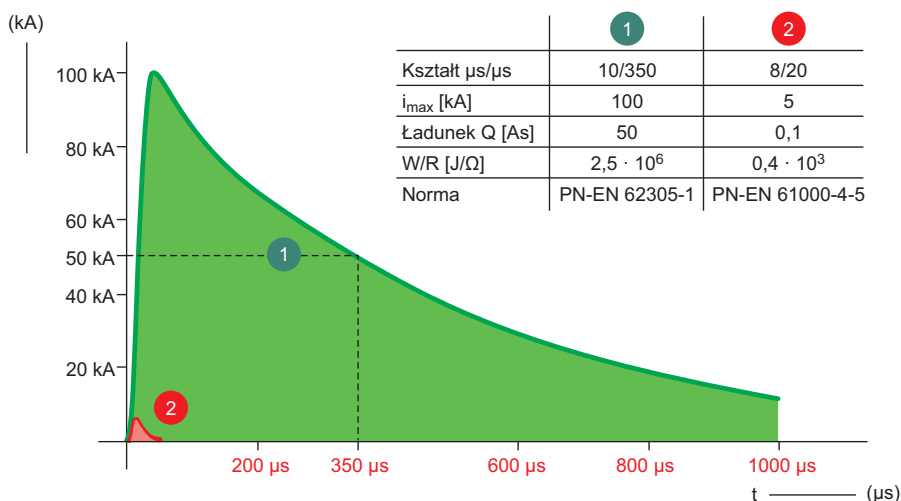
Dla bezpośredniego uderzenia pioruna przyjmuje się prąd ogranicznika do 100 kA i kształt udaru 10/350 μ s. Natomiast dla przepięcia indukowanego norma mówi o średnim prądzie ochronnika na poziomie 5 kA i kształcie impulsu 8/20 μ s. W związku z tak dużą różnicą w prądzie, który musi odprowadzić ochronnik dla typu 1, stosuje się elementy ucinające, a dla typu 2 elementy ograniczające.



Fotografia 1. Bezpieczniki do różnych zastosowań



Rysunek 1. Typoszeręg charakterystyk gPV



Rysunek 2. Przepięcia w ujęciu przez normy



Fotografia 2. Składowe elementy ograniczników

Elementy ograniczników

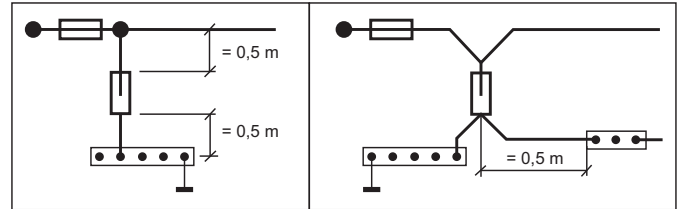
Na **fotografii 2** pokazano składowe elementy ograniczników w wykonaniu handlowym. Pośrodku widzimy iskiernik gazowy, który swoim działaniem przypomina wysokoprądową neonówkę. Przy normalnym napięciu pracy iskiernik stanowi przerwę w obwodzie i charakteryzuje się bardzo dużą rezystancją powyżej 10 GΩ oraz znikomą pojemnością, maksymalnie kilka pF. Dopiero wzrost napięcia powyżej progu zadziałania powoduje przejście iskiernika najpierw w fazę jonizacji a następnie w etap wyładowania łukowego. Faza łuku elektrycznego charakteryzuje się występowaniem niewielkiego napięcia na elektrodach iskiernika pomimo przewodzenia prądu wielu kA. Można przyjąć, że w tej fazie iskiernik stanowi zwarcie i obcina napięcie do poziomu około 20 V. Końcówką fazą pracy iskiernika jest gaszenie.

Niestety w instalacjach DC nie występują naturalne predyspozycje do samoczynnego gaszenia łuku i dlatego też ograniczniki typu 1, poza iskiernikiem, zazwyczaj zawierają element termiczny. Widoczny po prawej (fotografia 2) warystor jest podstawowym elementem ochronników typu 2. Warystor należy do grupy elementów ograniczających przepięcia. Warystor jest elementem półprzewodnikowym wykonanym najczęściej w technologii tlenkowo-cynkowej. Dla znamionowego napięcia pracy stanowi prawie przerwę. Wraz ze wzrostem przepięcia zmniejsza swoją impedancję jednak nigdy do stanu zwarcia, a energię udaru prądowego wytraca w formie ciepła $I^2 \cdot R$. Po ustaniu przepięcia warystor wraca do stanu spoczynkowego, gdzie niestety przepływa przez niego niewielki prąd upływu rzędu 0,1 mA, który powoduje starzenie się warystora. Proces degradacji warystorów dodatkowo nasila polaryzacja napięciem stałym i podniesiona temperatura pracy. Dlatego należy co kilka lat kontrolować ograniczniki typu 2.

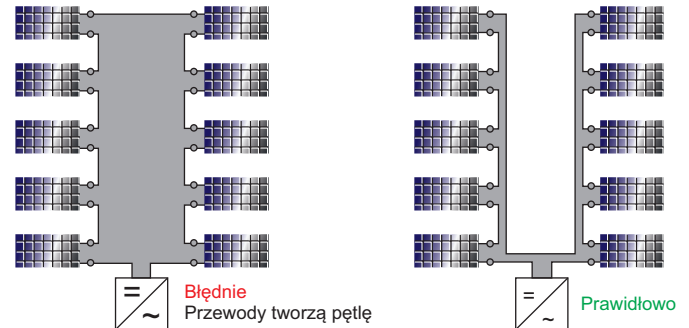
Trzecim elementem zabezpieczającym, widocznym na fotografii 2, jest transil. Diody lawinowe (jak czasem nazywane są transile) rzadko służą do budowania ograniczników typu 2. Słabo radzą sobie z prądami powyżej wartości znamionowej i najczęściej już po jednym wyładowaniu ulegają uszkodzeniu. Natomiast znajdują liczne zastosowanie przy zabezpieczaniu linii sterujących i komunikacyjnych. Szybkością zadziałania rzędu ps (piko sekund) zdecydowanie wyprzedzają warystory, a tym bardziej powolne iskierniki gazowe.

Uziemienie

Ograniczniki są jednym ze składników skutecznej ochrony przeciwprzepięciowej. Nie mniej ważne jest uziemienie o sprawdzonej (zmierzonej) impedancji oraz właściwe okablowanie. Na **rysunku 3** pokazano dwie zalecane wersje połączeń. Przy tym skuteczniejszą ochronę zapewnia podłączenie „V”, gdzie punktem wspólnym przewodów są zaciski ogranicznika.



Rysunek 3. Zalecane wersje połączeń



Rysunek 4. Dwa przypadki połączenia paneli na pości dachowej

Poza prowadzeniem przewodów, istotne jest zachowanie zalecanych przekrojów. Sprawdźmy co się stanie gdy dla prądu 25 kA (znamionowego dla jednego bieguna ochronnika klasy 1) w ramach oszczędności połączenie z uziomem wykonamy przewodem 2,5 mm² zamiast wymaganego 16 mm². Przewodność miedzi $\sigma = 0,018 \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$, co przy 10 m przewodu 2,5 mm² daje 72 mΩ, a dla 16 mm² – 11 mΩ. Przy prądzie 25 kA wystąpi odpowiednio 1,8 kV i 275 V spadku napięcia! Zaskakujące 1,5 kV różnicy zapewne zdecyduje o przetrwaniu zabezpieczonego sprzętu.

Poprawne prowadzenie przewodów to również unikanie wszelkich pętli, szczególnie tych o dużej powierzchni. Potencjalnie najłatwiej o błąd podczas łączenia paneli. Na **rysunku 4** zostały pokazane dwa przypadki dla paneli umieszczonych po obu stronach pości dachowej. Poprzez prowizoryczną oszczędność i skrócenie połączenia pomiędzy 5 a 6 panelem powstaje spora pętla, w której indukować się będzie napięcie przy każdym wyładowaniu.

Dobór ograniczników

Ostatnim i budzącym szereg dyskusji aspektem ochrony instalacji PV jest dobór ograniczników i typ ochrony. Jeśli budynek, na którym zamontowane są panele PV, ma instalację odgromową i nie ma separacji ok. 1 m pomiędzy zwodami odgromowymi a elementami instalacji PV (wliczając w to przewody), to należy zastosować ograniczniki typu 1, ew. 1+2.

Podobnie należy postąpić, jeśli instalacja PV zabudowana jest na dachu przewodzącym prąd, np. pokrytym blachodachówką. Dodatkowo zaleca się wykonanie połączenia wyrównawczego pomiędzy stelażem PV a zwodem piorunochronu. Wszelkie połączenia ograniczników powinny być wykonane jako 16 mm². Przy braku instalacji odgromowej i gdy ryzyko bezpośredniego wyładowania jest niewielkie (np. wyznaczone metodą toczącej się kuli) można zastosować ochronniki typu 2.

Podsumowanie

Rynek zapewnia dosyć szeroki wybór ochronników dla napięć stałych, choć oferta nie jest tak różnorodna, jak dla napięć przemiennych. Niemniej warto znaleźć ochronnik stałonapięciowy dopasowany do zabezpieczanej instalacji, kierując się zasadą $U_p \geq 1,2 \cdot U_{oc}$. Ponieważ falownik jest punktem wspólnym instalacji AC i DC, ważne jest prawidłowe zabezpieczenie falownika również po stronie sieciowej. Minimum to ogranicznik typu 2 dla każdej z faz + N.

Michał Stach
michal.stach@elportal.pl