

Ochrona odgromowa i przepięciowa wolnostojących elektrowni PV – cz. 2

W wielu krajach bardzo istotnym elementem nowoczesnego systemu energetycznego stają się elektrownie fotowoltaiczne. W ubiegłym roku w Polsce powstały elektrownie fotowoltaiczne o mocy ok. 50 MW, a ich łączny potencjał wzrósł do ponad 71 MW. Liczba zainstalowanych instalacji PV na dłuższą metę będzie systematycznie wzrastać. Dotyczy to zarówno instalacji montowanych na dachach domów, jak i dużych instalacji na otwartym terenie – elektrowni (parków) solarnych.

Krzysztof Wincencik,
Tomasz Sęp,
DEHN POLSKA

Stały rozwój prowadzi także do daleko sięgających zmian w zakresie szeroko rozumianej elektrotechniki – każde z zainstalowanych urządzeń PV powinno pracować niezawodnie oraz stanowić źródło dochodów. Dlatego też wymagają one stosowania ochrony odgromowej i przepięciowej. Dzięki tym środkom można zminimalizować przerwy w pracy generatora oraz przedłużyć okres eksploatacji przekształtników. Urządzenia dużej elektrowni fotowoltaicznej stale podlegają różnorodnym wpływom zewnętrznym. Dlatego też szkody spowodowane przez przepięcia stanowią dodatkowy wzrost kosztów inwestycyjnych, wpływając tym samym na wydłużenie okresu zwrotu inwestycji.

Do ochrony systemów elektrycznych wewnątrz elektrowni fotowoltaicznych należy zastosować ograniczniki przepięć (SPD – ang. *Surge Protective Device*), zaprezentowane na rysunku 1. Jeżeli piorun uderzy w elementy zewnętrznego urządzenia piorunochronnego instalacji PV znajdującej się na otwartej przestrzeni, to po pierwsze – we wszystkich przewodach elektrycznych indukowane są impulsy przepięciowe o bardzo wysokiej amplitudzie, po drugie zaś – we wszelkiego rodzaju przewodach łączeniowych (prądu stałego, przemiennego, przesyłu danych) całej farmy fotowoltaicznej pojawiają się cząstkowe prądy piorunowe. Wartość tych prądów zależy m.in. od rodzaju wykonania systemu uziemianego, specyficznej rezystywności gruntu oraz rodzaju połączeń. W przypadku instalacji PV z technologią centralnego przekształtnika (rys. 1) konieczne jest stworzenie rozległej sieci okablowania prądu stałego. W tym przypadku załącznik D dla niemieckiego dodatku nr 5 do normy EN 62305-3 (VDE 0185-305-3) wskazuje dla ograniczników przepięć typu 1 w obwodach DC minimalną zdolność odprowadzania I_{total} na poziomie 10 kA (10/350 μ s). Należy stosować SPD, które wykazują wystarczający maksymalny prąd zwarcia I_{SCPV} ustalany wg normy produkcyjnej EN 50539-11 i wymieniany przez producenta. Dotyczy to także procedury odnoszącej się do ewentualnych prądów wstecznych.

W systemach fotowoltaicznych z centralnymi przekształtnikami do ochrony przed prądem wstecznym służą bezpieczniki. Maksymalny dostępny prąd zależy od aktualnego nasłonecznienia. W konkretnych trybach roboczych zabezpieczenia prądu wstecznego mogą zadziałać dopiero po kilku minutach (rys. 2). Ograniczniki przepięć w skrzynkach przyłączeniowych generatora muszą więc być dostosowane do możliwego prądu całkowitego składającego się z prądu roboczego i prądu wstecznego. W przypadku przeciążenia muszą one rozłączyć obwód samodzielnie, bez wytworzenia przy tym łuku elektrycznego ($I_{SCPV} > I_{max}$ systemu PV).

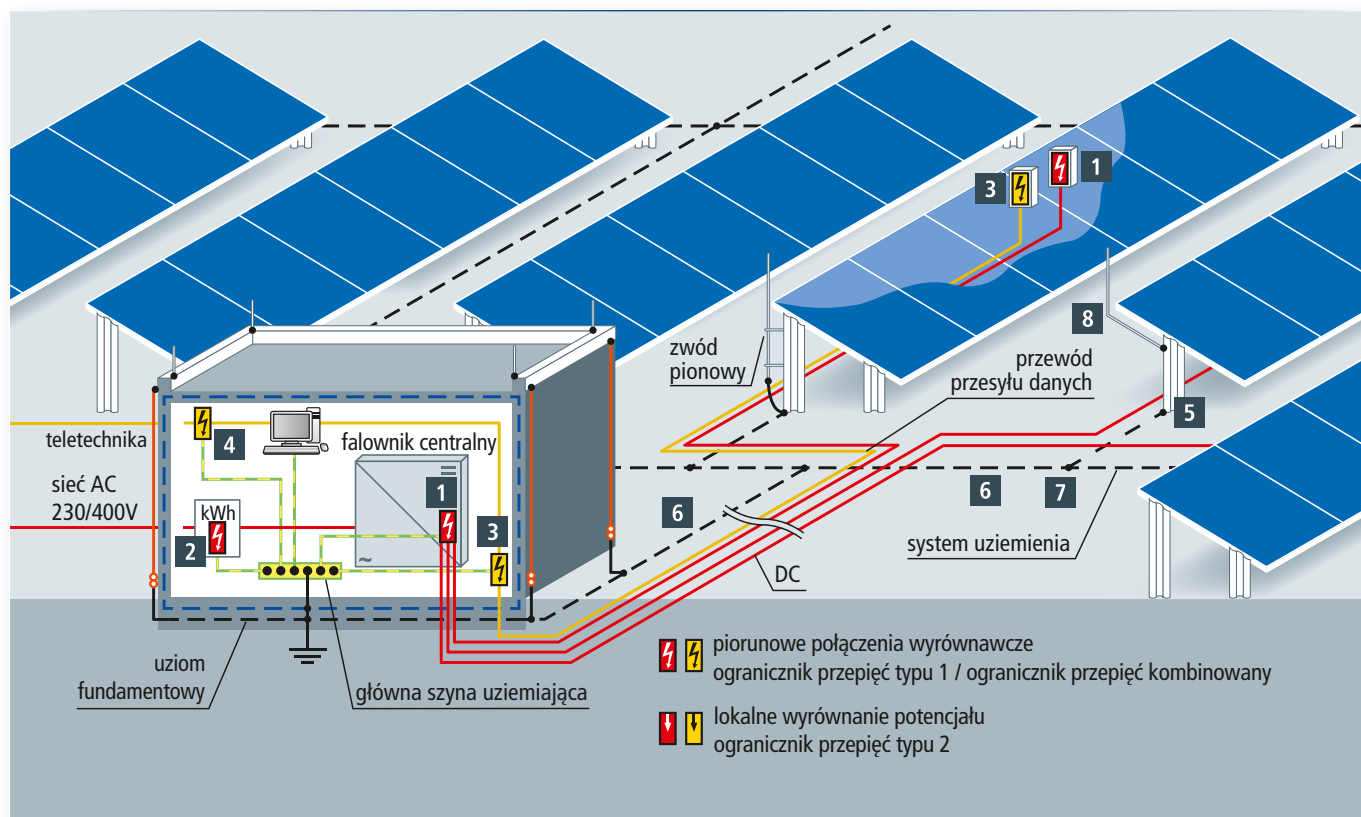
Specjalne ograniczniki przepięć dla obwodów prądu stałego

Typowe charakterystyki U/I paneli fotowoltaicznych są wyraźnie odmienne od klasycznych źródeł prądu stałego. Mają one charakterystykę nieliniową (rys. 3) i różnią się istotnie w zachowaniu się łuku elektrycznego prądu stałego. Ta cecha ma wpływ nie tylko na budowę i wielkość fotowoltaicznych wyłączników prądu stałego i bezpieczników, lecz także wymusza na stosowanych w obwodach DC ogranicznikach przepięć (SPD) odpowiednio dostosowaną do tego zjawiska konstrukcję. Urządzenia te muszą być w stanie opanować fotowoltaiczne prądy zwarcia w obwodzie DC. Niemiecki dodatek nr 5 do normy EN 62305-3 oraz specyfikacja CENELEC CLC/TS 50539-12 postulują bezwaryjną pracę instalacji nawet w przypadku przeciążenia urządzeń ochrony przepięciowej po stronie prądu stałego.

Przy obliczaniu rozplywu prądu pioruna należy uwzględnić przewody odprowadzające urządzenia piorunochronnego, możliwe połączenia pola modułów PV z uziemieniem oraz przewody prądu stałego. Wyliczenia pokazują, że amplituda cząstkowych prądów piorunowych, przepływających przez ograniczniki przepięć i przewody prądu stałego, zależy nie tylko od liczby dróg rozplywu, lecz także od impedancji urządzeń SPD. Z kolei wspomniana impedancja urządzeń SPD zależy od napięcia roboczego tych SPD, ich układów połączeń wewnętrznych i typu (ucinający lub ograniczający napięcie). Podczas doboru odpowiednich urządzeń SPD należy uwzględnić zarówno występujący maksymalny prąd udarowy, jak i ładunek impulsu. W dodatku krajowym 1 do niemieckiej normy EN 62305-4 przedstawiono wymienione powyżej korelacje.

Aby ułatwić użytkownikowi dobór ograniczników przepięć, na podstawie tabeli 1 można określić konieczną wytrzymałość na udarowy prąd piorunowy I_{imp} ograniczników typu 1 w zależności od typu SPD (ograniczające napięcie ograniczniki na bazie warystora lub ucinające napięcie ograniczniki na bazie iskiernika). Uwzględnia się maksymalne występujące prądy udarowe, a także cząstkowe prądy piorunowe o kształcie fali 10/350 μ s, tak aby urządzenia ochronne mogły odprowadzić ładunek impulsu prądu piorunowego.

Ogranicznik DEHNcombo YPV SCI... (FM) oprócz odpornego na uszkodzenia układu połączeń Y zawiera także trójstopniowy system przełączeniowy prądu stałego (rys. 4). Składa się on z podwójnego układu kontrolno-rozłączającego z funkcją kontroli termodynamicznej Thermo-Dynamic-Control. W gałęzi jego bypassu znajduje się zintegrowane zabezpieczenie topikowe. Taki



Rys. 1. Koncepcja ochrony odgromowej elektrowni fotowoltaicznej z falownikiem centralnym.

Lp. na rys.	Ochrona obszaru	Urządzenie ochronne (*bezpotencjałowy styk zdalnej sygnalizacji)	Nr kat.
Wejście DC falownika			
1.	falownik centralny + SPG	DEHNcombo DCB YPV SCI 1500 FM*	900 067
Sieć zasilająca nn AC 230/400 V			
2.	układ TNC	DEHNventil DV M TNC 255 FM*	951 305
	układ TNS	DEHNventil DV M TNS 255 FM*	951 405
	układ TT	DEHNventil DV M TT 255 FM*	951 315
Interfejs przesyłu danych			
3.	dwie żyły podwójne, także różnego napięcia roboczego do 180 V	BLITZDUCTOR BXTU ML2 BD 0-180	920 249
		podstawa BXT BAS	920 300
Zdalny nadzór			
4.	ISDN lub DSL	DEHNbox DBX U4 KT BD S 0-180	922 400
Instalacja uziemiająca			
5.	wyrównanie potencjałów	zacisk krawędziowy UNI	365 250
	przewód uziemiający	dрут okrągły (Ø 10 mm) – St/tZn	800 310
6.		dрут okrągły (Ø 10 mm) – StSt (V4A)	860 010
		taśma stalowa (30 × 3,5 mm) – St/tZn	852 335
		taśma stalowa (30 × 3,5 mm) – StSt (V4A)	860 325
7.	element łączeniowy	zacisk MV StSt (V4A)	390 079
		alternatywnie zacisk SV St/tZn	308 220
8.	układ zwodów	iglica odgromowa wygięta pod kątem 55° z dwoma zaciskami krawędziowymi	101 110

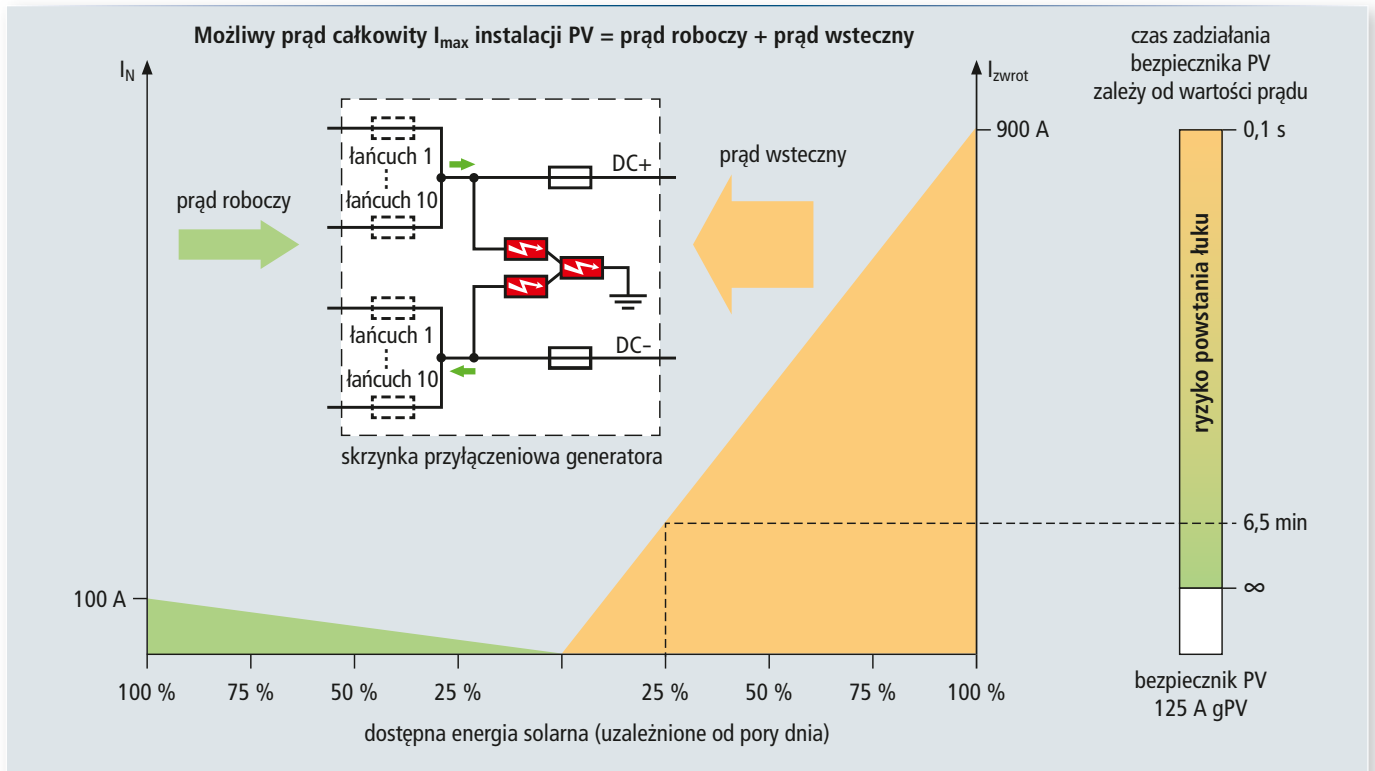
układ połączeń (rys. 5) odłącza bezpiecznie ogranicznik w przypadku przeciążenia od przyłożonego dalej napięcia generatora i blokuje powstawanie łuku elektrycznego prądu stałego. Generatory PV o prądach do 1000 A mogą być więc chronione bez dodatkowych zabezpieczeń za pomocą ograniczników DEHNcombo YPV SCI... (FM) zarówno przy falowniku, jak i w skrzynce przyłączeniowej generatora (rys. 6). Zintegrowane zabezpieczenie nadprądowe w ścieżce bypass w razie wystąpienia zwarcia przerwie

przepływ prądu i bezpiecznie odłączy SPD od sieci. Jeżeli zastosowany jest monitoring łańcuchów, to w systemach kontrolnych zainstalowane są także zintegrowane bezpotencjałowe styki zdalnej sygnalizacji do kontroli stanu ogranicznika.

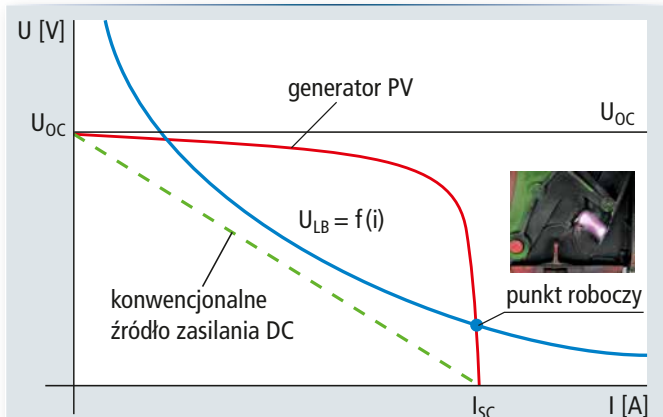
Wszystkie wymienione technologie, zintegrowane w ograniczniku DEHNcombo YPV SCI, pozwalają uniknąć uszkodzeń urządzenia ochronnego powstających na skutek uszkodzenia izolacji w obwodzie fotowoltaicznym, minimalizują wyraźnie

niebezpieczeństwo wybuchu pożaru przeciążonego ogranicznika i odłączają sam ogranicznik, nie zakłócając przy tym trybu pracy instalacji PV. Takie połączenie ochronne umożliwia

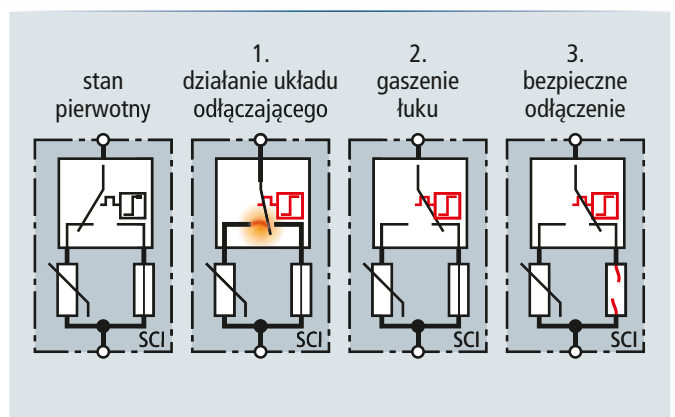
wykorzystanie ograniczającej napięcie charakterystyki warystorów w całym obszarze, a więc także w obwodach prądu stałego instalacji fotowoltaicznej. Ogranicznik jest odpowiednio aktywny



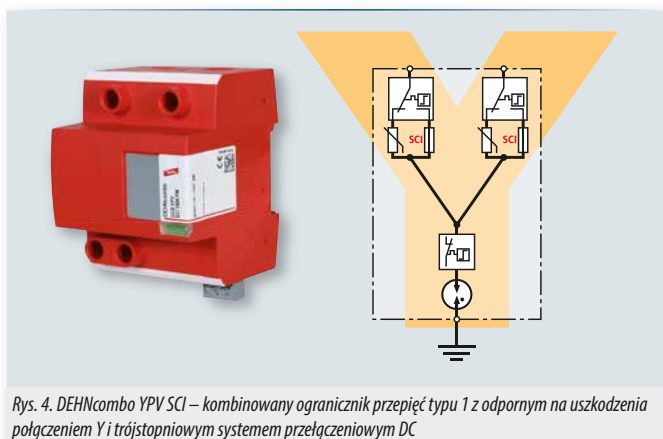
Rys. 2. Instalacja PV o $I_{max} = 1000$ A: spodziewany prąd zwarcia płynący przez ogranicznik PV zależy od pory dnia



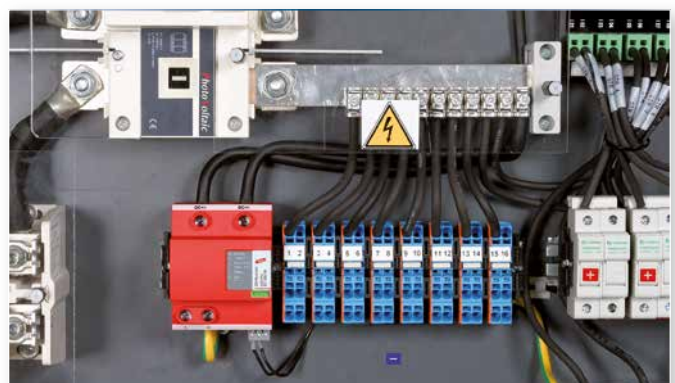
Rys. 3. Porównanie charakterystyk źródła konwencjonalnego DC i generatora PV. W momencie włączenia źródła PV charakterystyka przecina obszar zapalenia się łuku elektrycznego



Rys. 5. Fazy działania trójstopniowego systemu przełączeniowego prądu stałego w ograniczniku DEHNCombo YPV SCI... (FM)



Rys. 4. DEHNCombo YPV SCI – kombinowany ogranicznik przepięć typu 1 z odpornym na uszkodzenia połączeniem Y i trójstopniowym systemem przełączeniowym DC

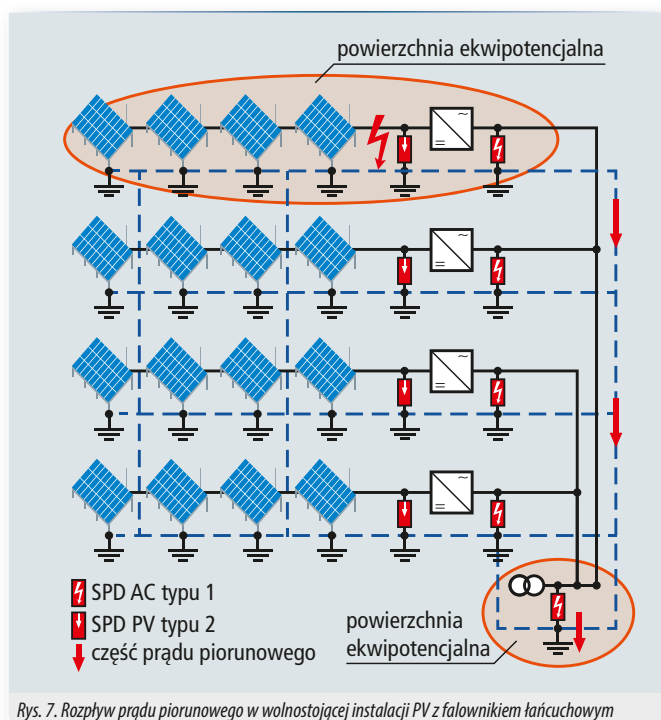


Rys. 6. Ochrona przepięciowa w kontrolnej skrzynce przyłączeniowej generatora

także w przypadku wystąpienia licznych przebiegów o mniejszych amplitudach. Dzięki temu technologia SCI prowadzi do przedłużenia okresu bezawaryjnej pracy diod bypass i wejść prądu stałego falowników.

Elektrownie z rozproszonymi falownikami łańcuchowymi

Jeżeli elektrownie fotowoltaiczne są zaprojektowane z rozproszonymi falownikami łańcuchowymi (inwerterami stringowymi), to duża część okablowania obwodów przesyłu energii przekłada się na stronę przemiennego napięcia. Falowniki są montowane w polu paneli pod stelażami modułowymi. Z powodu niedużej odległości do modułów falownik przejmuje także typowe funkcje skrzynki przyłączeniowej generatora. W dodatku krajowym 5 do normy EN 62305-3 wyjaśniono zjawisko wpływu rodzaju okablowania energetycznego (falownik łańcuchowy lub falownik centralny) na rozpylenie prądu piorunowego. Rysunek 7 pokazuje (w uzupełnieniu do wyjaśnień ze wspomnianego dodatku 5) przykładowy schemat rozdziału prądu piorunowego w przypadku falowników łańcuchowych montowanych w polu paneli. Także w takim przypadku okablowanie energetyczne działa jak przewód wyrównania potencjałów między lokalnym potencjałem ziemi pola modułów PV, w którym nastąpiło uderzenie pioruna, i daleką powierzchnią ekwipotencjalną transformatora zasilającego. Różnica w stosunku do instalacji z centralnym falownikiem polega jedynie na tym, że w instalacji posiadającej falowniki łańcuchowe cząstkowe prądy piorunowe będą płynąć przez



Rys. 7. Rozpylenie prądu piorunowego w wolnostojącej instalacji PV z falownikiem łańcuchowym

przewody prądu przemiennego. W związku z tym po stronie prądu przemiennego falowników łańcuchowych oraz po stronie niskiego napięcia transformatora zasilającego należy zainstalować ograniczniki przepięć typu 1 (takie jak ucinający napięcie