

Bezpieczniki PV i ograniczniki Etitec-PV do ochrony systemów PV

Roman Kłopotcki

Ze względu na swoją specyfikę i wrażliwość elektryczną systemy fotowoltaiczne (PV) wymagają precyzyjnego zabezpieczenia przed przeciążeniami, zwarciami oraz przepięciami. Firma ETI Polam oferuje do tego celu specjalne bezpieczniki topikowe na prąd stały (DC) oraz ograniczniki przepięć Etitec B-PV i Etitec C-PV.

Przy pozyskiwaniu energii elektrycznej z energii słonecznej używa się półprzewodnikowych (monokrystalicznych lub polikrystalicznych) krzemowych ogniw słonecznych, które generują energię elektryczną, kiedy są oświetlane

słońcem. Ogniwa słoneczne wielkości około 12,5 x 12,5 cm wytwarzają w przybliżeniu napięcie 0,6 V i największy prąd do 3,5 A. Aby osiągnąć wyższe napięcie (w praktyce używane 400 V), ogniwa łączone są szeregowo, a dla osiągnięcia wyż-

szego prądu – równolegle. Zestawy takie nazywane są modułami PV i, jako gotowe produkty, są dostarczane przez producentów. Moduły połączone elektrycznie mogą osiągnąć powierzchnię od 1,5 do 2,5 m². Zwykle tego typu moduł PV generuje napięcie stałe DC w zakresie od 30 do 60 V.

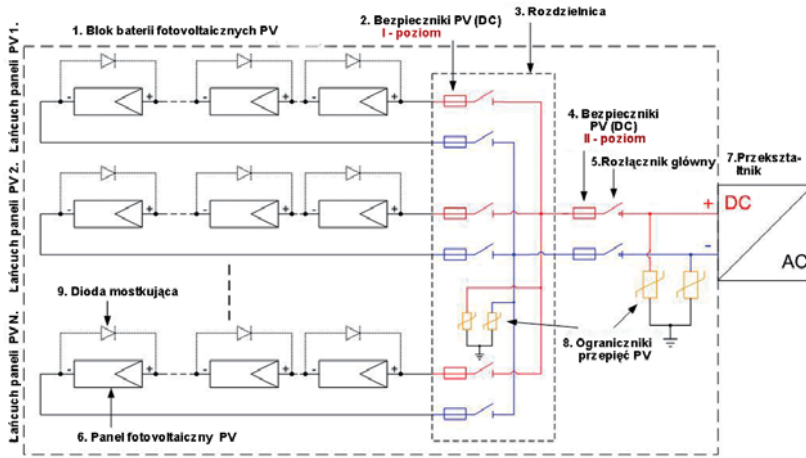


Rys. 1. Systemy fotowoltaiczne wymagają precyzyjnego zabezpieczenia przed przeciążeniami, zwarciami i przepięciami

Budowa instalacji PV

Na schemacie elektrycznym na rysunku 2 pokazano zestaw połączonych łańcuchów paneli PV, który pozwala uzyskać napięcie wyjściowe od 500 do 700 V DC. Podczas pracy paneli napięcie nie jest przez cały czas jednakowe i nie jest tak duże, np. w sytuacji, kiedy promienie słoneczne nie oświetlają instalacji bezpośrednio. Każdy panel PV (6) generuje prąd wyjściowy w wysokości od 4 do 7 A, w zależności od typu modułu PV. Aby osiągnąć wyższe prądy, a tym samym moc zestawu, łączy się moduły PV równolegle. Otrzymane w ten sposób panele pozwalają wówczas uzyskać prąd wyjściowy w granicach od 250 do 300 A. Prąd ten zasila przekształtnik (7) (falownik), który jest urządzeniem energoelektronicznym i przetwarza prąd stały DC w prąd przemienny AC wykorzystywany do zasilania konkretnych urządzeń lub ogólnej sieci elektroenergetycznej.

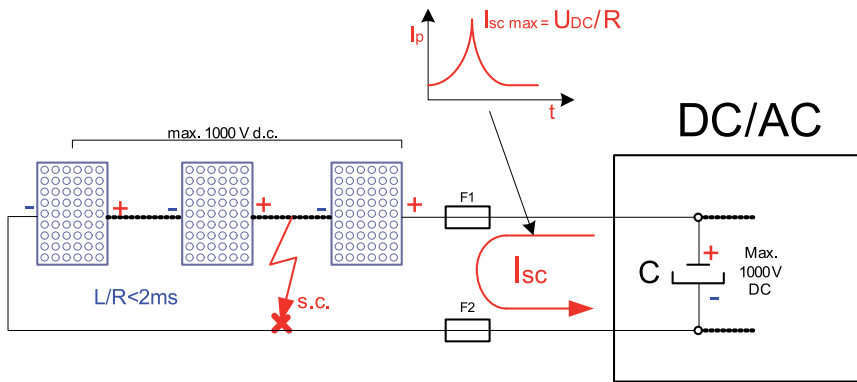
Ogniwa słoneczne różnią się zasadniczo od innych źródeł energii. Ich prąd zwarcio- wy jest tylko o około 15-20% większy od prądu znamionowego. W związku z tym w tego typu instalacjach bezcelowe jest



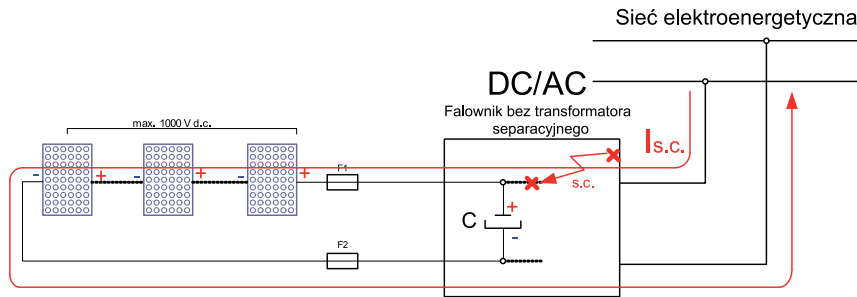
Rys. 2. Schemat elektryczny typowego zestawu paneli fotowoltaicznych



Rys. 5. Bezpiecznik topikowy cylindryczny (10 x 38) CH 10 DC



Rys. 3. Przebieg prądu zwarcowego w panelu PV współpracującym z falownikiem z transformatorem separacyjnym



Rys. 4. Przebieg prądu zwarcowego w panelu PV współpracującym z falownikiem bez transformatora separacyjnego

dzących z innych łańcuchów paneli PV (rys. 3). Ponadto uszkodzenie wewnętrzne falownika może spowodować przepływ prądu zwarcowego (którego źródłem jest główna sieć zasilająca) do układu paneli PV (rys. 4). Napięcie na zaciskach nieobciążonego zestawu paneli ma wartość znamionową nawet w przypadku niewielkiego nasłonecznienia – tylko prąd jest liniowo zależny od natężenia promieniowania słonecznego. Istnieje więc niebezpieczeństwo porażenia elektrycznego. W celu uniknięcia powyższych zagrożeń stosuje się dwa poziomy ochrony za pomocą bezpieczników topikowych w systemach PV.

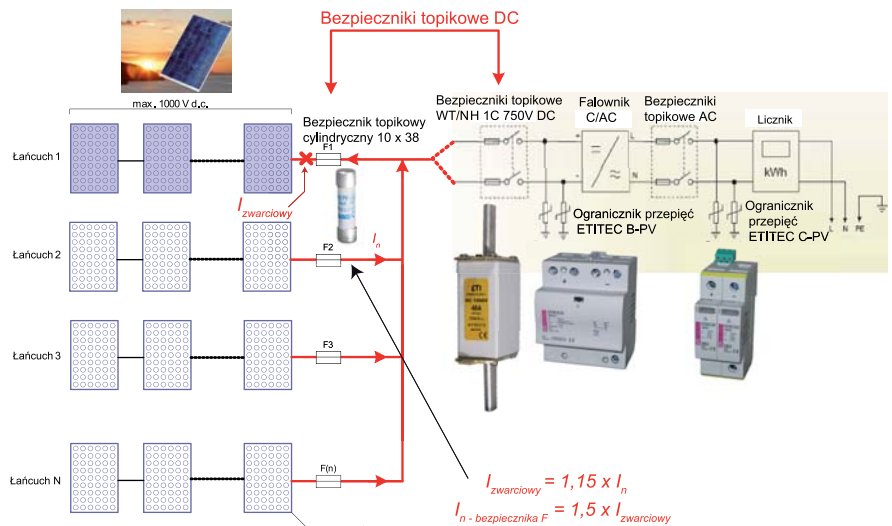
Poziom I bezpieczników topikowych

Poziom I bezpieczników topikowych (2 na rys. 2) stosowany jest szczególnie do wyłączania prądów zwarcowych DC w obszarze paneli PV – w bezpośredniej

stosowanie popularnych bezpieczników topikowych lub wyłączników nadprądowych – wymagających do zadziałania kilkakrotnie większego prądu niż znamionowy. Przebieg prądu zwarcowego w instalacji fotowoltaicznej wyposażonej w falownik z transformatorem separacyjnym został pokazany na rysunku 3, natomiast bez transformatora separacyjnego na rysunku 4.

Zabezpieczenie zwarcowe

W instalacji fotowoltaicznej zacinienie jednego z paneli powoduje w tym elemencie stan zwarcia i przepływ prądu zwarcowego I_{sc} będącego sumą prądów pocho-



Rys. 6. Zastosowanie bezpieczników topikowych PV DC I i II poziomu oraz ograniczników przepięć Etitec B-PV i Etitec C-PV



Rys. 7. Bezpieczniki topikowe NV DC 750 – 1100V przeznaczone m.in. do zabezpieczania instalacji fotowoltaicznej PV

bliskości kolektorów słonecznych. Zbudowany jest ze specjalnie zaprojektowanych i zbadanych bezpieczników topikowych cylindrycznych 10 x 38 mm CH 10 DC (rys. 5). Bezpieczniki CH 10 DC przeznaczone są do pracy w rozłączniku PCF 10 DC. Poziom I bezpieczników umożliwia fizyczne i elektryczne odłączenie każdego pojedynczego panelu. Rozłącznik PCF jest zainstalowany zarówno w biegunie „+”, jak i w biegunie „-” obwodu łańcucha paneli PV (rys. 6).

Rozłączniki PCF i wkładki topikowe dla systemów PV przeznaczone są na znamionowe napięcie 900 V i 1000 V DC. Bezpieczniki te posiadają specjalną charakterystykę czasowo-prądową t-I przypominającą charakterystykę gR bezpieczników



Rys. 8. Ogranicznik przepięć Etitec B-PV



Rys. 9. Ogranicznik przepięć Etitec C-PV

Ultra-Quick do zabezpieczania elementów półprzewodnikowych. Ich znamionowe całki Joule'a przedłukowe i wyłączenia są bardzo niskie. Szczegółowe dane techniczne bezpieczników cylindrycznych CH 10 DC zostały zawarte w tabeli 1. Aby prawidłowo dobrać bezpieczniki CH 10 DC do zabezpieczenia łańcucha paneli PV, należy znać dopuszczalny prąd zwarcia (I_{sc}) panelu PV i jego napięcie znamionowe (U_{np}) oraz liczbę zastosowanych paneli PV w jednym łańcuchu. Gdy w instalacji występują tylko dwa łańcuchy paneli PV, nie ma potrzeby stosowania bezpieczników CH 10 DC. W przypadku występowania większej ilości łańcuchów paneli PV, prąd znamionowy (I_{nb}) wkładki CH 10 DC do zabezpieczenia jednego łańcucha paneli PV wyznacza się z zależności: $I_{nb} = 1,5 \times I_{sc}$. Natomiast napięcie znamio-

Tabela 1. Dane techniczne bezpieczników CH 10 DC

In	Numer kodowy	Całka Joule'a przedłukowa L/R = 2 ms	Całka Joule'a wyłączenia L/R = 2 ms	Straty mocy (0,7 x In)	Straty mocy (In)	Charakterystyka
[A]		[A ² s]	[A ² s]	P _d [W]	P _d [W]	
2	002625101	1,3	3,5	0,47	1,00	
4	002625102	3,3	28	0,52	1,25	
6	002625103	5,5	45	0,73	1,65	
8	002625104	8	62	0,93	1,90	
10	002625105	11	88	1,06	2,30	
12	002625106	23	180	1,03	2,40	
16	002625107	35	270	1,00	2,50	
20	002625108	50	430	1,18	3,25	
25	002625109	75	620	1,25	3,45	

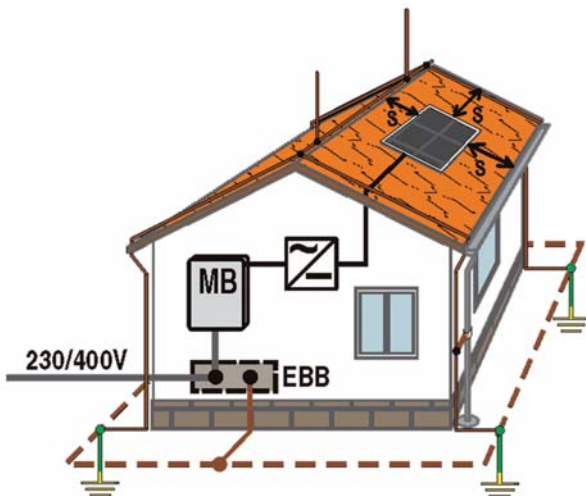
Tabela 2. Dane techniczne bezpieczników PV DC 1100 V (L/R = 5 ms)

Wielkość	I_n	Całka Joule'a przedlukowa L/R = 2 ms	Całka Joule'a wyłączenia L/R = 2 ms	Straty mocy
	[A]	[A ² s]	[A ² s]	P_d [W]
1	63	2 700	3 520	15,0
	80	4 000	5 500	17,0
	100	6 500	9 000	20,0
	125	11 000	15 000	23,0
	160	19 400	28 640	35,0
2	200	40 000	60 000	42,0
	250	85 260	117 400	46,0
3	315	166 800	221 900	54,0

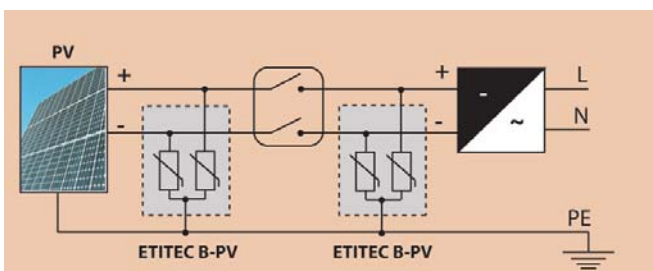
nowe U_{nb} wkładki CH 10 DC wyznacza się z zależności: $U_{nb} = 1,2 \times U_{np}$ x ilość paneli PV w łańcuchu.

Poziom II bezpieczników topikowych

Poziom II bezpieczników topikowych – zabezpieczenie główne PV (4 na rys. 2) – jest zwykle umiejscowiony w pobliżu zacisków wejściowych przekształtnika AC/DC i jest elektrycznie połączony z rozłącznikami pierwszego poziomu. Wkładki topikowe PV DC są zwykle przystosowane do pracy przy prądzie stałym i napięciu znamionowym DC 750 – 1100 V. Wkładki są umieszczone w podstawach bezpiecznikowych lub rozłącznikach, które

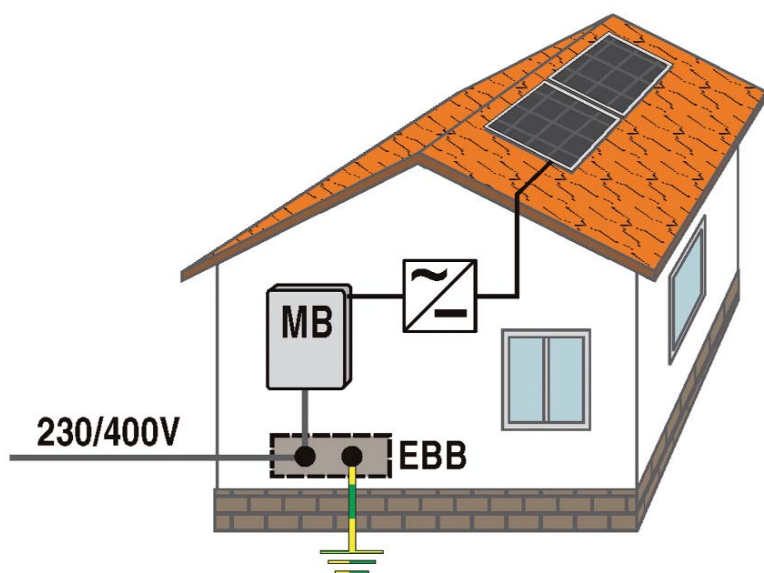


Rys. 10. Obiekt z zewnętrzną instalacją odgromową

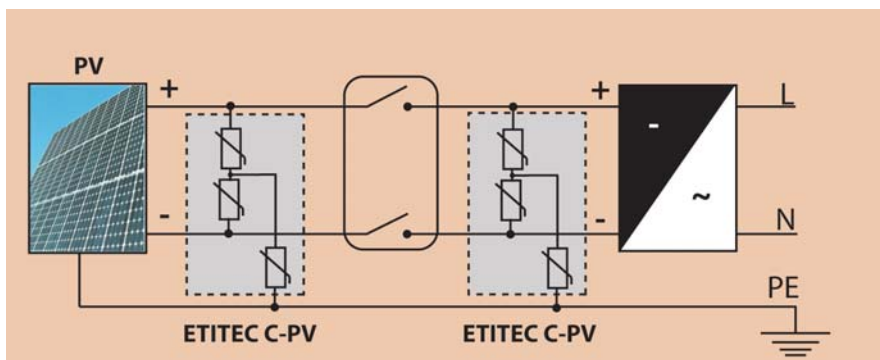


Rys. 11. Ogranicznik przepięć Etitec B-PV

R E K L A M A



Rys. 12. Obiekt bez zewnętrznej instalacji odgromowej



Rys. 13. Ogranicznik przepięć Etitec C-PV

umożliwiają bezpieczne i szybkie odłączenie przekształtnika od paneli PV i całego obwodu prądu stałego. Na tym poziomie zwykle używa się wkładek PV DC na napięcie DC 750–1100 V (rys. 7), które znajdują się w programie produkcyjnym firmy ETI. Aby prawidłowo dobrać bezpieczniki PV DC do zabezpieczenia głównego paneli PV należy znać dopuszczalny prąd zwarciovą (I_{sc}) panelu PV i jego napięcie znamionowe (U_{np}) oraz liczbę wszystkich zastosowanych paneli PV. Prąd znamionowy wkładki PV DC do zabezpieczenia wszystkich łańcuchów paneli PV wyznacza się z zależności: $I_{nb} = 1,5 \times I_{sc} \times \text{ilość wszystkich łańcuchów paneli PV}$. Natomiast napięcie znamionowe U_{nb} wkładki PV DC wyznacza się z zależności: $U_{nb} = 1,2 \times U_{np} \times \text{ilość wszystkich paneli PV}$. Bezpieczniki PV DC montuje się w podstawach bezpiecznikowych DC (rys. 7) i instaluje się zarówno w biegunie „+” jak i w biegunie „-”, obwodu DC przekształtnika (rys. 6). Jeżeli jeden z biegunów DC przekształtnika jest uziemiony, wtedy bezpiecznik PV DC instaluje się tylko w jednym bie-

gunie. Bezpieczniki PV DC występują na napięcia znamionowe U_n (DC) = 750 V, 1000 V, 1100 V. Zakres prądów znamionowych I_{nb} wynosi 32–315 A, w wielkościach – 0, 1C, 1, 2, 3. Znamionowa zdolność zwarciovą bezpieczników to 10 kA. Szczegółowe dane techniczne bezpieczników PV DC zostały umieszczone w tabeli 2.

Ochrona przeciwprzepięciowa

Instalacje fotowoltaiczne zawierają zazwyczaj urządzenia i aparaty o niskiej wytrzymałości przepięciowej i odporności na prądy udarowe. Panele PV umieszczone na zewnątrz obiektu – najczęściej na dachu – narażone są na przepięcia spowodowane bezpośrednim wyładowaniem atmosferycznym, przepięcia łączeniowe i wnikanie prądu piorunowego do wnętrza budynku. W zależności od ich położenia, panele PV powinny być chronione przed bezpośrednim wyładowaniem atmosferycznym za pomocą zewnętrznej instalacji odgromowej. Do ochrony instalacji fotowolta-

Tabela 3. Dane techniczne ograniczników Etitec B-PV

Typ / Klasa	Typ 1, 2 / klasa B, C
I_{imp}	12,5 kA / 1 moduł
I_{max}	40 kA / 1 moduł
U_c	550 V, 1000 V

Tabela 4. Dane techniczne ograniczników Etitec C-PV

Typ / Klasa	Typ 2 / klasa C
I_n	20 kA / 1 moduł
I_{max}	40 kA / 1 moduł
U_c	100 V, 550 V, 1000 V

icznej PV przed przepięciami służą ograniczniki przepięć Etitec B-PV oraz Etitec C-PV (8 na rys. 2).

Ograniczniki przepięć Etitec B-PV są przeznaczone do montażu w instalacji obiektu wyposażonego w zewnętrzną instalację odgromową (rys. 11), natomiast ograniczniki Etitec C-PV do instalacji w obiektach bez zewnętrznej instalacji odgromowej (rys. 13). Najważniejsze dane techniczne ograniczników przepięć Etitec PV zostały zawarte w tabelach 3 i 4.

Aby prawidłowo dobrać ograniczniki przepięć Etitec-PV do ochrony instalacji PV, należy znać napięcie maksymalne U_{max} systemu fotowoltaicznego PV. Znamionowe napięcie długotrwałe U_c ograniczników powinno być większe od U_c ($U_c < U_{max}$).

inż. Roman Kłopotcki
Autor jest pracownikiem
firmy ETI Polam



KONTAKT

ETI-Polam Sp. z o.o.

ul. Jana Pawła II 18
06-100 Pułtusk

tel. (23) 691 93 00
fax (23) 692 32 12

e-mail: etipolam@etipolam.com.pl
www.etipolam.com.pl