

BEZPIECZNIKI PV I OGRANICZNIKI PRZEPIĘĆ ETITEC – PV DO ZABEZPIECZANIA SYSTEMÓW FOTOWOLTAICZNYCH PV

Fotowoltaica – pozyskiwanie energii elektrycznej z energii słonecznej – jest jedną z najszybciej obecnie rozwijających się dziedzin. Systemy fotowoltaiczne wymagają precyzyjnego zabezpieczenia przed przeciążeniami, zwarciami oraz przepięciami. Do tego celu służą specjalne bezpieczniki topikowe na prąd stały (DC) oraz ograniczniki przepięć ETITEC B-PV i ETITEC C-PV firmy ETI POLAM.

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 ok. 12,5x12,5 cm generują w przybliżeniu napięcie 0,6 V i największy prąd do 3,5 A. Aby osiągnąć wyższe napięcie (w praktyce używane 400 V), ogniwa słoneczne są łączone szeregowo, a dla osiągnięcia wyższego prądu należy połączyć je równolegle – takie zestawy nazywamy modułami PV, które są już zmontowane przez producenta. Moduły połączone elektrycznie mogą osiągnąć powierzchnię od 1,5 do 2,5 m². Taki moduł PV generuje napięcie stałe DC od 30 V do 60 V.

Na schemacie elektrycznym (rys. 1) pokazano zestaw połączonych łańcuchów

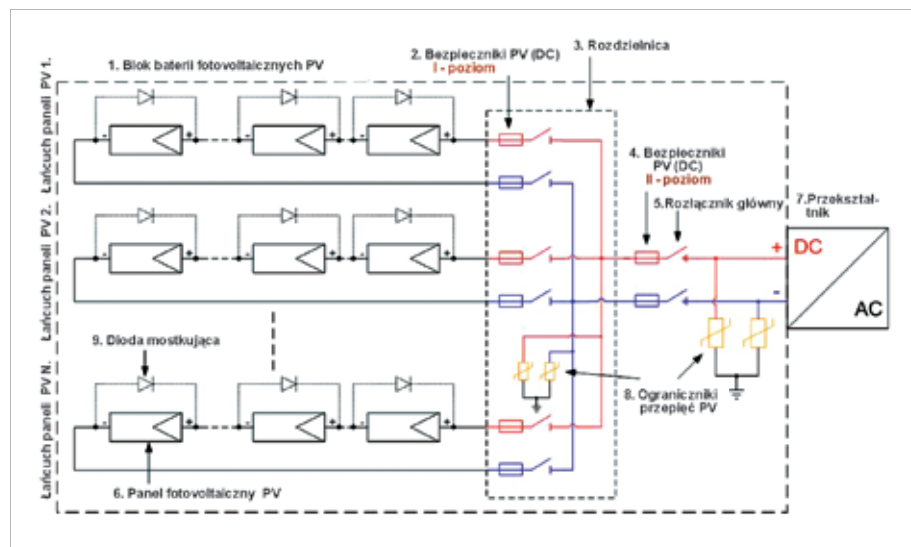
paneli PV, z których uzyskuje się napięcie wyjściowe od 500 V do 700 V DC. Wartość napięcia wytworzonego nie jest stała i nie jest tak duża w przypadku, kiedy promienie słoneczne nie oświetlają panela baterii PV.

Każdy panel PV (6) generuje także prąd wyjściowy w wysokości od 4 A 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 dają wtedy prąd wyjściowy w granicach od 250 A

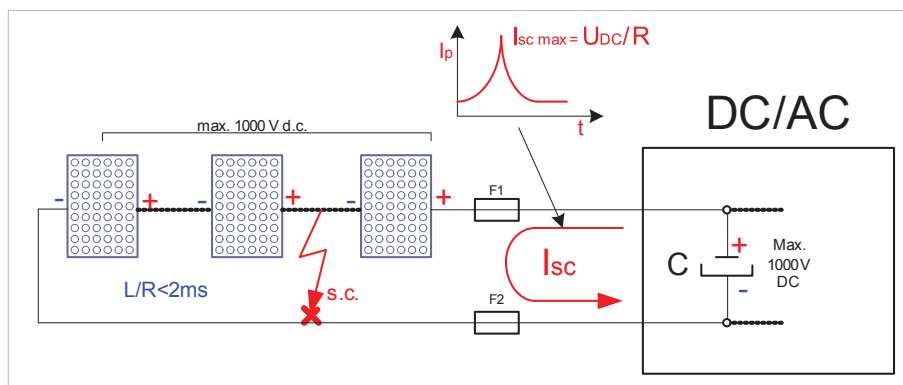


do 300 A. Ten prąd zasila przekształtnik (7) (falownik), który jest urządzeniem energoelektronicznym, i przetwarza prąd stały DC w prąd przemienny AC wykorzystywany do zasilania konkretnych urządzeń lub ogólnej sieci elektroenergetycznej. Ogniwa słoneczne różnią się zasadniczo od innych źródeł energii. Ich prąd zwarciový jest tylko ok. 15–20% większy od prądu znamionowego. W związku z tym w tego typu instalacjach bezcelowe jest stosowanie popularnych bezpieczników topikowych lub wyłączników nadprądowych, wymagających do zadziałania kilkakrotnie większego prądu niż znamionowy. Przebieg prądu zwarciový w instalacji fotowoltaicznej wyposażonej w falownik z transformatorem separacyjnym jest pokazany na rys. 2, natomiast bez transformatora separacyjnego na rys. 3.

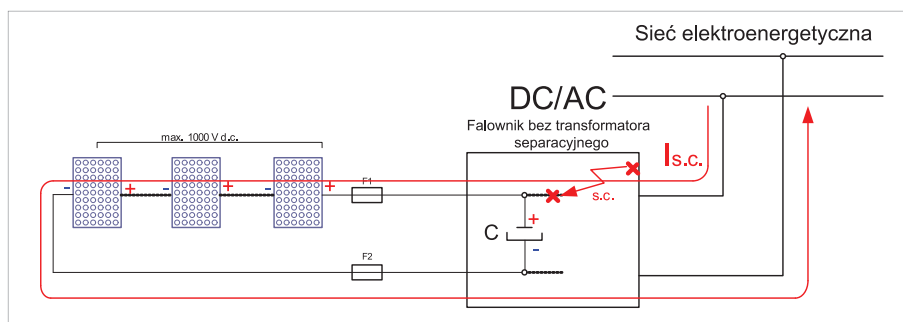
W instalacji fotowoltaicznej zaciencenie jednego z paneli powoduje w tym panelu stan zwarcia i przepływ prądu zwarciový I_{sc} będącego sumą prądów pochodzących z innych łańcuchów paneli PV (rys. 2). Ponad-



Rys. 1. Schemat elektryczny typowego zestawu paneli fotowoltaicznych



Rys. 2. Przebieg prądu zwarciovego w panelu PV współpracującym z falownikiem z transformatorem separacyjnym



Rys. 3. Przebieg prądu zwarciovego w panelu PV współpracującym z falownikiem bez transformatora separacyjnego



Rys. 4. Bezpiecznik topikowy cylindryczny (10x38) CH 10 DC

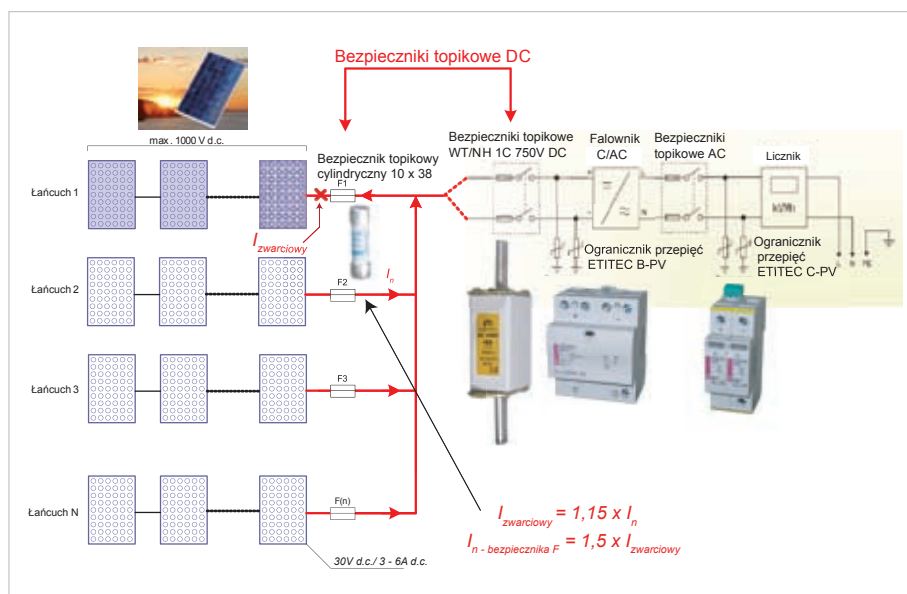
to uszkodzenie wewnętrzne falownika może spowodować przepływ prądu zwarciovego (którego źródłem jest główna sieć zasilająca) do układu paneli PV (rys. 3). Napięcie na zaciskach nieobciążonego zestawu paneli ma wartość znamionową nawet w przypadku niewielkiego nasłonecznienia – tylko prąd jest liniowo 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 (2 na rys. 1) – używa się szczególnie do wyłączania prądów zwarciovych DC w obszarze paneli PV – w bezpośredniej bliskości kolektorów słonecznych. Są to specjalnie zaprojektowane i badane bezpieczniki topikowe cylindryczne 10

x 38 mm CH 10 DC (rys. 4). Bezpieczniki CH 10 DC są przeznaczone 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. 5).

Rozłączniki PCF i wkładki topikowe dla systemów PV są przeznaczone na znamionowe napięcie 900 V i 1000 V DC. Bezpieczniki te mają specjalną charakterystykę czasowo-prądową t-I przypominającą charakterystykę gR bezpieczników 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 zwarciovych (I_{sc}) paneli PV i jego napięcie znamionowe (U_{np}) oraz liczbę zastosowanych paneli PV w jednym łańcuchu. Gdy w instalacji występują tylko 2 łańcuchy paneli PV, nie ma potrzeby stosowania bezpieczników CH 10 DC. W przypadku występowania większej liczby 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 znamionowe U_{nb} wkładki CH 10 DC wyznacza się z zależności: $U_{nb} = 1,2 \times U_{np} \times \text{ilość paneli PV w łańcuchu}$.

■ Poziom II bezpieczników topikowych – zabezpieczenie główne PV (4 na rys. 1) jest zwykle umiejscowione w pobliżu zacisków wejściowych przekształtnika AC/DC i jest elektrycznie połączone z rozłącznikami pierwszego poziomu. Wkładki topikowe PV DC są zwykle przystosowane do prądu stałego o na-

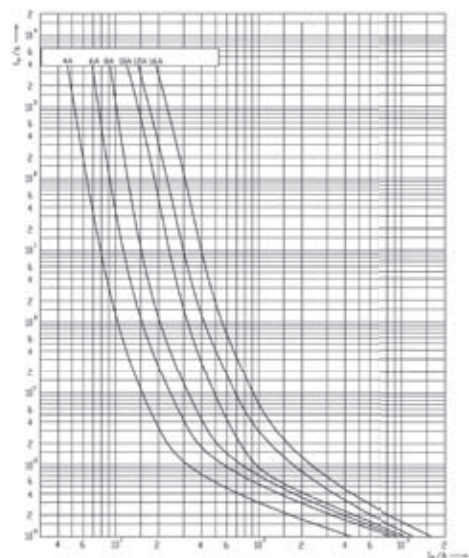


Rys. 5. Zastosowanie bezpieczników topikowych PV DC I – II poziomu oraz ograniczników przepięć ETITEC B-PV i ETITEC C-PV

Tablica 1. Dane techniczne bezpieczników CH 10 DC

I_n (A)	Nr kodowy	Całka Joule'a przedłukowa (A ² s) L/R = 2 ms	Całka Joule'a wyłączenia (A ² s) L/R = 2 ms	Straty mocy (0,7 x I_n) P_d (W)	Straty mocy (I_n) 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

Charakterystyka



pięciu znamionowym DC 750 V – 1100 V i są umieszczone w podstawach bezpiecznikowych lub rozłącznikach, które 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 V-1100 V (rys. 6), które znajdują się w programie produkcyjnym firmy ETI. Aby prawidłowo dobrać bezpieczniki PV DC do zabezpieczenia głównego paneli PV, należy

znać dopuszczalny prąd zwarcia (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. 6) i instaluje się zarówno w biegunie »+« jak i w biegunie «-« obwodu DC przekształtnika (rys. 5). Jeżeli jeden z biegunów DC przekształtnika jest uziemiony, wtedy bezpiecznik PV DC instaluje się

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

Wielkość	I_n (A)	Całka Joule'a przedłukowa (A ² s) L/R = 2 ms	Całka Joule'a wyłączenia (A ² s) L/R = 2 ms	Straty mocy 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



Rys. 6. Bezpieczniki topikowe NV DC 750 V – 1100 V przeznaczone m.in. do zabezpieczania instalacji fotowoltaicznej PV



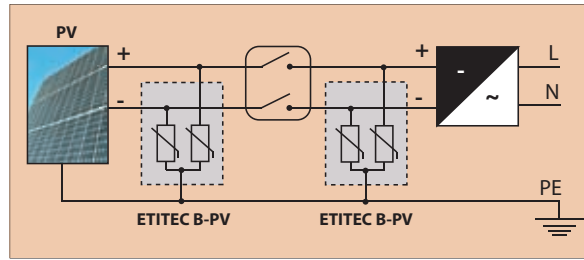
Rys. 7. Ogranicznik przepięć ETITEC B-PV



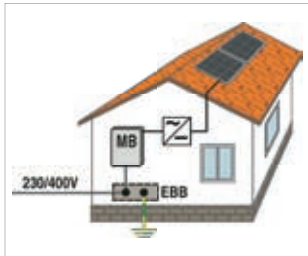
Rys. 8. Ogranicznik przepięć ETITEC C-PV



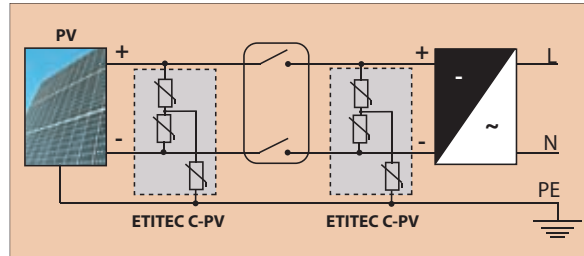
Rys. 9. Obiekt z zewnętrzną instalacją odgromową



Rys. 10. Ogranicznik przepięć ETITEC B-PV



Rys. 11. Obiekt z zewnętrzną instalacją odgromową



Rys. 12. Ogranicznik przepięć ETITEC C-PV

tylko w jednym biegunie. Bezpieczniki PV DC występują na napięcia znamionowe U_n (DC) = 750 V, 1000 V, 1100 V. Zakres prądów znamionowych $I_{nb} = 32$ A-315 A w wielkościach - 0, 1C, 1, 2, 3. Znamionowa zdolność zwarciova - 10 kA. Szczegółowe dane techniczne bezpieczników PV DC zostały umieszczone w tablicy 2.

Ochrona przeciwprzepięciowa systemów fotowoltaicznych PV

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 są narażone 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. Ochronę instalacji fotowoltaicznej PV przed przepięciami zapewniają ograniczniki przepięć ETITEC B-PV oraz ETITEC C-PV (8 na rys. 1).

Ograniczniki przepięć ETITEC B-PV są przeznaczone do montażu w instalacji obiektu wyposażonego w zewnętrzną instalację odgromową (rys. 10), natomiast ograniczniki ETITEC C-PV są przeznaczone do instalacji w obiektach bez zewnętrznej instalacji odgromowych (rys. 12).

Najważniejsze dane techniczne ograniczników przepięć ETITEC PV zostały zawarte w tablicy 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 ($U_c < U_{max}$).

Tablica 3. Dane techniczne ograniczników przepięć 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

Tablica 4. Dane techniczne ograniczników przepięć 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

Inż. Roman Kłopocki
ETI Polam Sp. z o.o., Pułtusk