

Ochrona odgromowa i przepięciowa wolnostojących elektrowni fotowoltaicznych – cz. 1

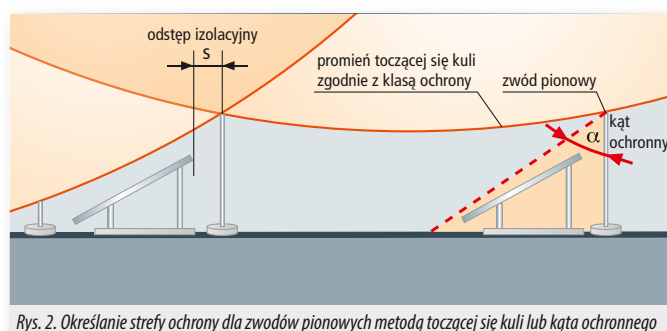
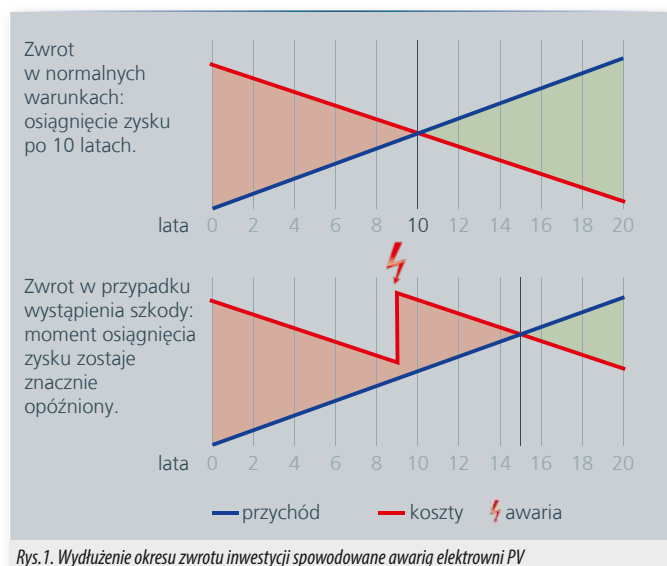
Naziemne systemy PV stają się w wielu krajach bardzo istotnym elementem nowoczesnego systemu energetycznego, wytwarzając rocznie kilka gigawatów energii. Również w Polsce buduje się duże elektrownie o mocy 100 MW i więcej. Są one przyłączone bezpośrednio do linii średniego i wysokiego napięcia. Tym samym energia słoneczna jako stały element systemu zasilania spełnia warunki stabilnego zasilania sieci. Rozmiar takich inwestycji i oczekiwany przynajmniej 20-letni okres bezawaryjnego działania urządzeń wymuszają oszacowanie ryzyka wystąpienia szkody wskutek uderzenia pioruna oraz zapewnienie odpowiednich środków ochrony.

Krzysztof Wincencik,
Tomasz Sęp,
DEHN POLSKA

Obserwacje meteorologiczne pokazują, że istnieje związek między promieniowaniem słonecznym, wilgotnością powietrza i częstością wyładowań atmosferycznych. Regiony charakteryzujące się wysoką intensywnością nasłonecznienia i wysoką wilgotnością powietrza są o wiele bardziej narażone na uderzenia pioruna. Regionalna gęstość wyładowań atmosferycznych (uderzenie pioruna na km²/rok) oraz położenie i wielkość elektrowni fotowoltaicznej są podstawą do obliczenia prawdopodobieństwa uderzenia pioruna w instalację. Instalacje solarne pracujące przez dziesięciolecia bywają wielokrotnie narażone na lokalne wpływy pogodowe, m.in. burze.

Uszkodzenia a konieczność ochrony odgromowej

Uszkodzenia elementów systemów fotowoltaicznych powstają zarówno wskutek niszczącego działania bezpośredniego uderzenia pioruna, jak i poprzez przepięcia indukowane (sprężenia indukcyjne lub pojemnościowe) związane z działaniem wyładowania atmosferycznego (ang. *Lightning Electromagnetic Pulse, LEMP*). Uszkodzenia mogą być powodowane przez przepięcia łączeniowe w sieciach prądu przemiennego. Mogą wystąpić w wielu miejscach systemu: w modułach fotowoltaicznych, przekształtnikach, kontrolerach ładowania, systemach kontrolnych i komunikacyjnych. Koszty związane z awarią to nie tylko koszty wymiany



uszkodzonych elementów, lecz także zmniejszona wydajność. Ponadto należy się liczyć z kosztami uruchomienia rezerwowych mocy elektrowni. Wyładowanie atmosferyczne w elektrowni ma też wpływ na żywotność poszczególnych elementów systemu. Przepływ części prądu pioruna w systemie prowadzi m.in. do przedwczesnego starzenia się diod bypass, półprzewodników dużej mocy, obwodów wejściowych i wyjściowych systemów przesyłu danych, a to z kolei oznacza zwiększone nakłady na naprawy w dłuższej perspektywie czasu. Spowodowane przepięciami uszkodzenia, np. centralnego przekształtnika, powodują dodatkowy wzrost kosztów inwestycyjnych. Tym samym wydłużają okres zwrotu inwestycji.

Coraz częściej zagadnienia związane z zagrożeniem LEMP ocenia się pod kątem finansowania inwestycji i ubezpieczenia, a zapewnienie odpowiedniej ochrony odgromowej instalacji jest w tej kwestii czynnikiem znaczącym. Ryzyko powstania szkody wskutek uderzenia pioruna należy ustalić na podstawie normy EN 62305-2, a dobrane na podstawie tej procedury środki ochrony uwzględnić na etapie projektowania (w ofercie firmy DEHN znajduje się oprogramowanie DEHNSupport służące do analizy ryzyka). Aby ochrona była skuteczna, wymagane jest stworzenie rozwiązania systemowego, którego elementy są do siebie optymalnie dopasowane, począwszy od zwodu, poprzez instalację uziemiającą i wyrównanie potencjałów ochrony odgromowej, a kończąc na urządzeniach ochrony przepięciowej dla strony energetycznej i przesyłu danych.

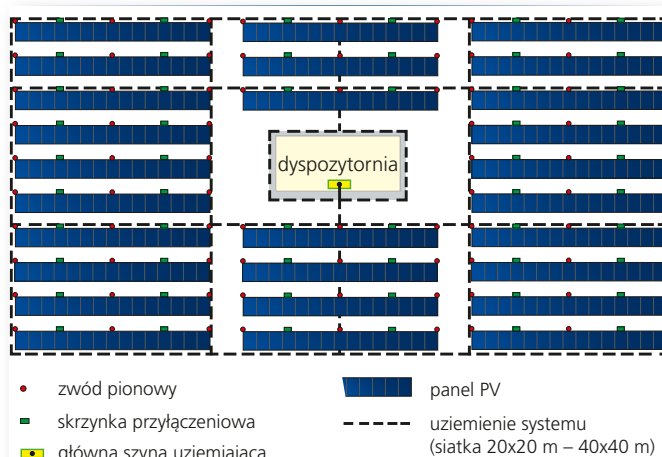
Zwody i przewody odprowadzające

Ochrona przed bezpośrednimi uderzeniami pioruna w systemy elektroniczne elektrowni fotowoltaicznej wymaga umieszczenia ich w obszarze chronionym przez system zwodów pionowych. Podczas opracowywania projektów należy przyjąć za podstawę odpowiednią klasę ochrony, np. LPL klasy III. Odpowiednio do podanej klasy ochrony można wtedy ustalić liczbę koniecznych zwodów, stosując np. metodę toczącej się kuli, zgodnie z zapisami EN 62305-3.

Zwody pionowe tworzą obszar ochronny obejmujący stojaki paneli, skrzynki przyłączeniowe i okablowanie. W celu minimalizacji sprzężenia indukcyjnego i przenoszenia zakłóceń zaleca się montowanie skrzynek przyłączeniowych generatora mocowanych na stojakach paneli oraz przekształtników łańcuchowych (stringowych) możliwie jak najdalej od zwodów. Również wysokie maszty, na których montowane są systemy monitoringu, działają jak zwody, należy jednak pamiętać o tym, aby sam system wideo montować tak, aby znalazł się w przestrzeni ochronnej maszty.

Wszystkie zwody na terenie elektrowni należy połączyć z instalacją uziemiającą. Ze względu na możliwe zagrożenie korozyjne w miejscu wyprowadzenia przewodów uziemiających z gruntu lub z betonu zaleca się stosowanie prętów wykonanych ze stali nierdzewnej, np. V4A, odpornej na korozję. Jeżeli zastosowane zostaną elementy ze stali ocynkowanej, należy je chronić za pomocą odpowiednich środków, np. taśm antykorozyjnych DENSO lub koszulek termokurczliwych.

Często stosowanym rozwiązaniem jest również mocowanie zwodów izolowanych do wsporników paneli. Można do tego zastosować np. wsporniki dystansujące DEHNiso. W obszarze podstawy wspornika można połączyć zwody z instalacją uziemiającą



Rys. 4. Instalacja uziemiająca elektrowni PV



Rys. 5. Przykład montażu stelaży pod panele PV na fundamencie typu śrubowego

poprzez fundamenty wspornika. Ułatwia to późniejszą pielęgnację terenu, gdy stosujemy np. mechaniczne kosiarki.

W przypadku zastosowania niez izolowanego systemu zwodów przymocowane do konstrukcji wsporczej krótkie iglice o odpowiednim profilu chronią powierzchnię paneli przed trafieniem bezpośrednim.

Instalacja uziemiająca

Instalacja uziemiająca jest podstawą do zastosowania skutecznych środków ochrony odgromowej i przepięciowej w wolnostojących elektrowniach fotowoltaicznych. Na terenie Niemiec zalecenia dotyczące ochrony odgromowej instalacji fotowoltaicznych zostały zapisane w dodatku krajowym nr 5 do normy EN 62305-3. Zgodnie z załącznikiem D tego dodatku dla instalacji uziemiających zalecane jest, aby rezystancja uziemienia dla elektrowni R_A była mniejsza niż 10Ω . Przy wykonywaniu instalacji uziemiającej często stosuje drut ze stali nierdzewnej 10 mm rozmieszczony w formie siatki o okach od 20×20 m do 40×40 m. Drut układa się na głębokości poniżej poziomu zamarzania gruntu. Uziom taki ma wystarczająco długotrwałą żywotność.

Jako część sieci uziemiającej można też wykorzystać metalowe konstrukcje wsporcze paneli, o ile spełniają wymagania normy EN 62305-3 dotyczące minimalnych wymiarów. W niemieckim załączniku krajowym nr 5 do przytoczonej normy zaleca się łączenie ze sobą metalowych wsporników paneli. Sieć połączeń wykonywana jest często z wykorzystaniem wykopów dla kabli.

Również w takich przypadkach należy koniecznie dążyć do

utworzenia zamkniętej sieci uziemień. Wykonując system uziemiający elektrowni fotowoltaicznej, należy uwzględnić także inne normy dotyczące instalacji uziemiających w budynkach technicznych, np. EN 61936 oraz EN 50522. Powinno się połączyć

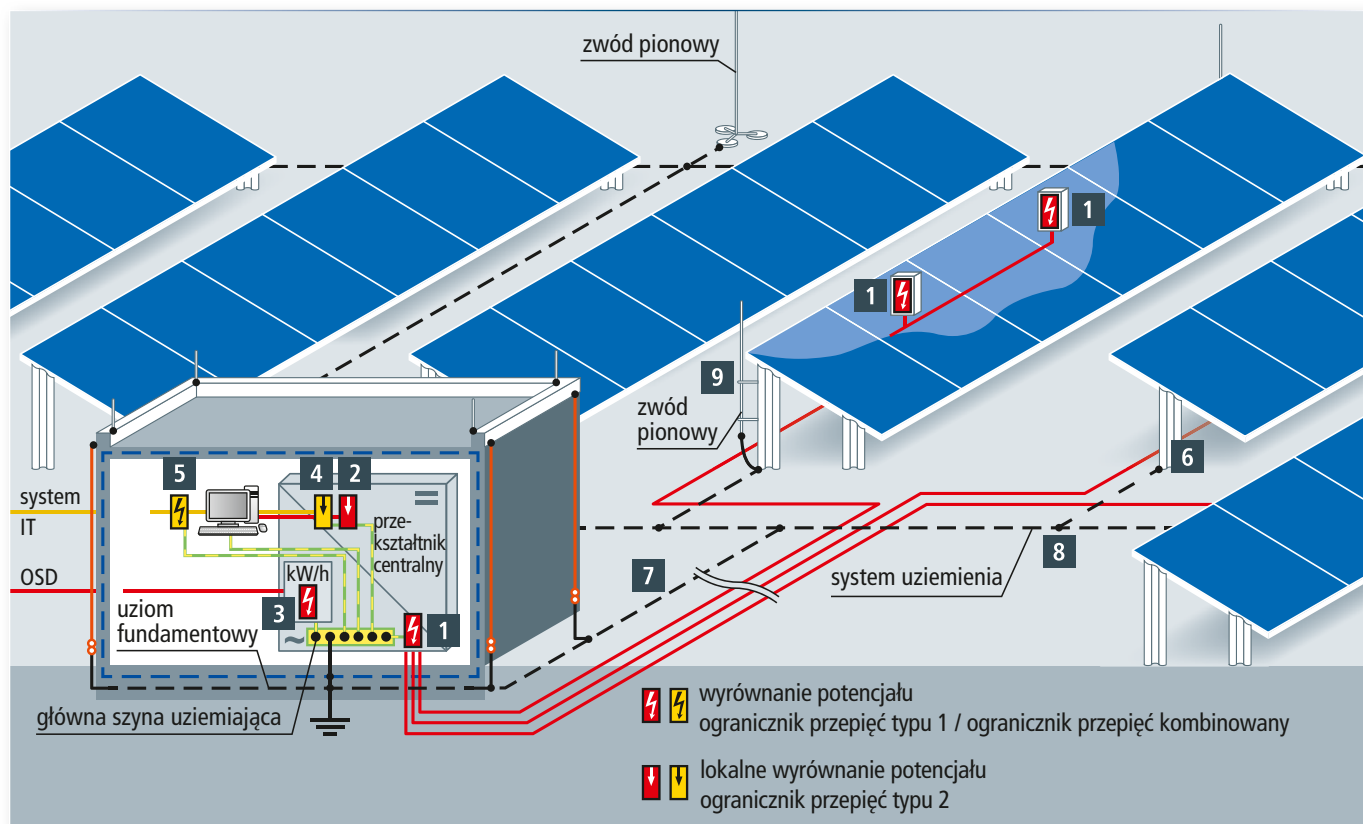
instalacje uziemiające generatorów fotowoltaicznych i budynków technicznych za pomocą taśmy $30 \times 3,5$ mm lub drutu okrągłego $\varnothing 10$ mm (z materiału NIRO-V4A). Połączenie ze sobą poszczególnych instalacji uziemiających zmniejsza wypadkową rezystancję uziemienia dla całego obiektu. Aby utrzymać trwale stabilną wartość rezystancji uziemienia w czasie wieloletniego okresu użytkowania instalacji, należy zwrócić baczną uwagę na czynniki takie, jak korozja, wilgotność podłoża i przemarzanie gruntu. Oka sieci należy łączyć ze sobą jedynie za pomocą odpowiednich elementów połączeniowych, sprawdzonych pod kątem wytrzymałości na prąd piorunowy. Metalowe ramy nośne, na których są umocowane moduły fotowoltaiczne, należy połączyć ze sobą oraz z instalacją uziemiającą. Konstrukcje tych ram, umiejscowione w fundamentach wiobetonowych lub śrubowych, również mogą być stosowane jako uziomy, jeżeli materiał, z którego są wykonane, spełnia wymagania dotyczące grubości i przekrojów podane w normie EN 62305-3.

Wymagana długość minimalna uziemienia odgromowego (2,5 m) w obszarze poniżej przemarzania gruntu może być sumowana w przypadku zastosowania poszczególnych elementów połączonych w sposób wytrzymujący przepływ części prądu piorunowego. Takie fundamenty muszą być połączone ze sobą za pomocą elementów, które zostały poddane badaniom prądem piorunowym i uzyskały odpowiednią klasę prób N lub H (wg normy EN 62561-1), np. do połączenia drutu 8 mm ze nierdzewnej z elementami stelaża można użyć zacisku krawędziowego UNI.

Zastosowanie pionowych zwodów zewnętrznego urządzenia piorunochronnego jest jednym z niezbędnych elementów, które mają zapewnić skuteczną ochronę. Niekontrolowane uderzenie



Rys. 6. Zacisk krawędziowy UNI



Rys. 7. Kompleksowa ochrona instalacji PV: 1) SPD typu 2 do ochrony instalacji DC, 2) SPD typu 1 do ochrony instalacji AC wchodzącej do budynku dyspozytorski, 3) SPD do ochrony obwodów sterowania i monitoringu pracy elektrowni, 4) SPD do ochrony linii transmisji danych, 5) Połączenie stelaża paneli z systemem uziemień, 6) sieć systemu uziemień elektrowni PV, 7) zacisk łączeniowy elementów instalacji uziemiającej (przebadany zgodnie z EN 62561), 8) zwód pionowy chroniący powierzchnię paneli przed trafieniem bezpośrednim

pioruna w rozległy system fotowoltaiczny pociągnęłoby za sobą przepływ części prądu pioruna w przewodach instalacji elektrycznej, skutkiem czego byłyby poważne szkody wewnątrz systemu. Specyfika chronionych obiektów, w tym przypadku ogniw fotowoltaicznych, wymaga, aby podczas wykonywania urządzenia piorunochronnego zadbać również o to, aby na ogniwia słoneczne nie padał stale cień, rzucany np. przez zwody pionowe. Półcień, tworzony np. przez iglice lub przewody znajdujące się w pewnej odległości od panelu, nie ma znaczenia z punktu widzenia pracy instalacji oraz jej wydajności. Cień pełny jednak powoduje niepotrzebne obciążenie ogniw oraz przynależnych do nich diod bypass. Z tego względu należy obliczyć wymagany odstęp pomiędzy zwodem a powierzchnią panelu. Ma on ścisły związek ze średnicą zwodu. Przykładowo cień pełny zwodu pionowego o średnicy 10 mm przekształca się po przekroczeniu odległości 1,08 m w półcień. Załącznik A do niemieckiego dodatku krajowego nr 5 do normy EN 62305-3 podaje sposób obliczania wymaganego odstępu w celu uniknięcia cienia zupełnego.

Ochrona znaczy kompleksowość

Wolnostojące elektrownie PV powinny pracować niezawodnie oraz stanowić źródło dochodów, dlatego wymagają stosowania kompleksowej ochrony odgromowej i przepięciowej. Dzięki tym środkom można zminimalizować przerwy w pracy generatora oraz

przedłużyć okres eksploatacji przekształtnika. Przykład takiego kompleksowego podejścia pokazano na rysunku 7.

Panele fotowoltaiczne umieszczone na stelażach znajdują się w strefie osłonowej zwodów pionowych, dlatego do ochrony przed przepięciami wystarczy SPD typu 2 (oznaczony na rysunku jako 1) zainstalowany w skrzynce przyłączeniowej. W budynku dyspozytorski wszystkie przewodzące instalacje powinny zostać objęte system połączeń wyrównawczych bezpośrednich lub z wykorzystaniem ograniczników przepięć (1 – strona DC oraz 2 – strona AC). Systemy sterowania i nadzoru nad pracą elektrowni PV, takie jak kontrola dostępu, sterowanie ruchem wsporników, optymalizacja wydajności pracy elektrowni, wymagają zapewnienia ochrony przepięciowej. Przewody linii transmisji danych w budynku dyspozytorskim połączone są z wieloma czujnikami i urządzeniami na zewnątrz, tworząc pętle indukcyjne, w których mogą powstać szkodliwe impulsy o wysokiej amplitudzie. Dlatego czułe urządzenia elektroniczne należy wyposażać w urządzenia ochrony przepięciowej (3 i 4). Dopiero takie kompleksowe podejście do problemu pozwoli na minimalizację ryzyka związanego z powstaniem uszkodzeń w wyniku uderzenia pioruna.

W drugiej części artykułu poruszone zostaną zagadnienia dotyczące doboru ograniczników przepięć do ochrony instalacji elektrycznych i sygnałowych na terenie wolnostojącej elektrowni fotowoltaicznej.



Skuteczna ochrona instalacji fotowoltaicznych

DEHNcombo YPV SCI

- kombinowany ogranicznik przepięć typu 1 z wbudowanym bezpiecznikiem
- sprawdzona odporność na błędy podłączenia Y jako ochrona w przypadku uszkodzeń izolacji w obwodzie generatora PV
- kombinowany układ odłączająco-zwierający z bezpieczną elektryczną separacją w module ochronnym jako środek ochrony przy gaszeniu łuku prądu stałego (opatentowana technologia SCI)
- zdolność wyłączenia prądów zwarciovych $I_{SCPV} = 1000 \text{ A}$
- wskaźnik działania / uszkodzenia w okienku kontrolnym
- funkcja zdalnej sygnalizacji – wykorzystanie wbudowanego bezpotencjałowego zestyku przełącznego



DEHN chroni.

Ochrona odgromowa, ochrona przed przepięciami, sprzęt bezpieczeństwa

DEHN POLSKA sp. z o.o.

ul. Poleczki 23, 02-822 Warszawa, tel. (22) 299-60-40 do 41, www.dehn.pl