

Damian GŁUCHY*
Dariusz KURZ*
Grzegorz TRZMIEL*

INSTALACJA ODGROMOWA I OGRANICZNIKI PRZEPIĘĆ W INSTALACJACH FOTOWOLTAICZNYCH

W pracy zwrócono uwagę na problem ochrony instalacji fotowoltaicznych przed skutkami bezpośrednich i pośrednich wyładowań atmosferycznych (piorunami). Przytoczono stosowne normy, zgodnie z którymi należy wykonać instalację odgromową oraz, którym podlegają urządzenia stosowane w ochronie odgromowej. Opisano metody kątów ochronnych i toczącej się kuli w celu wyznaczenia stref ochronnych i wysokości zwodów pionowych. Wskazano sposób wyznaczania minimalnego odstępu izolacyjnego pomiędzy elementami instalacji PV i instalacji odgromowej oraz rodzaje stosowanych ograniczników przepięć. Wskazano różne sposoby ochrony w zależności od rodzaju instalacji.

SŁOWA KLUCZOWE: mikroinstalacja fotowoltaiczna, instalacja odgromowa, zwód pionowy, zwód poziomy, odstęp izolacyjny, ogranicznik przepięć, metoda toczącej się kuli, metoda kąta ochronnego

1. WPROWADZENIE

Instalacje fotowoltaiczne zainstalowane na dachach budynków, ze względu na zajmowaną dużą powierzchnię i eksponowane miejsce, powodują wzrost ryzyka wystąpienia przepięć dla domowych urządzeń elektrycznych oraz dla nich samych. Zazwyczaj żywotność paneli PV gwarantowana jest przez ich producentów na 20 lat, tak więc w tym czasie instalacja powinna pracować bez usterek. Właściciele instalacji fotowoltaicznych powinni zadbać o ich właściwe zabezpieczenie przed zakłóceniami zewnętrznymi, w szczególności przed skutkami wyładowań atmosferycznych (uderzeniami pioruna). Poniesione nakłady inwestycyjne, w przypadku uszkodzenia instalacji i konieczności wymiany części jej elementów, nie zwrócą się w planowanym okresie podczas cyklu życia systemu i zmniejszą planowane zyski. Pomimo, że nie istnieją sposoby na całkowitą ochronę instalacji PV przed piorunami, to jednak zastosowanie odpowiednich środków zaradczych może w znacznym stopniu ograniczyć ryzyko potencjalnych uszkodzeń.

* Politechnika Poznańska.

2. UREGULOWANIA PRAWNE

W procesie doboru i projektowania instalacji i ochrony odgromowej należy uwzględnić odpowiednie zapisy w obowiązujących normach [4]:

- PN-EN 61173:2002 „Ochrona przepięciowa fotowoltaicznych (PV) systemów wytwarzania mocy elektrycznej – przewodnik”. Norma ta określa szczegółowe zasady jakie powinna spełniać instalacja odgromowa systemów fotowoltaicznych;
- PN-EN 62305-1:2011 „Ochrona odgromowa – Część 1: Zasady ogólne”. Podano w niej ogólne wymagania, które należy spełnić w celu ochrony obiektu budowlanego zawierającego instalacje, wyposażenie oraz osoby obsługi obiektu przed udarem piorunowym;
- PN-EN 62305-2:2012 „Ochrona odgromowa – Część 2: Zarządzanie ryzykiem”. Obejmuje ona procedurę przeznaczoną do obliczania ryzyka wyładowania w obiektach budowlanych lub w instalacjach przez doziemne wyładowania piorunowe, która pozwala na dobór właściwych środków ochrony, aby zredukować to ryzyko do poziomu nie przekraczającego wartości progowej;
- PN-EN 62305-3:2011 „Ochrona odgromowa – Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenia życia”. Dokument ten określa wymagania dotyczące ochrony obiektów budowlanych przed fizycznymi uszkodzeniami za pomocą urządzeń piorunochronnych (LPS, ang. Lightning Protection System) i istot żywych przed porażeniem napięciem dotykowym i krokowym w pobliżu LPS. Zawiera także szczegółowe wymagania dotyczące minimalnych wymiarów poszczególnych elementów urządzenia piorunochronnego w zależności od zastosowanego materiału;
- PN-EN 62305-4:2011 „Ochrona odgromowa – Część 4: Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach”. Zawiera ona informacje dotyczące projektowania, instalacji, sprawdzania, konserwacji i badania urządzeń ochronnych LEMP systemu (LPMS) dotyczących urządzeń elektrycznych i elektronicznych w obiektach budowlanych, zdolnych do obniżania ryzyka ciągłych uszkodzeń spowodowanych piorunowym udarem elektromagnetycznym;
- PN-HD 60364-7-712:2007 „Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych – Część 7-712: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji – Fotowoltaiczne (PV) układy zasilania”. Dokument dotyczy elektrycznych instalacji fotowoltaicznych układów zasilania, łącznie z modułami prądu przemiennego.

Dodatkowo elementy instalacji odgromowej powinny spełniać wymagania określone w normach od PN-EN 62561-1:2012 do PN-EN 62561-7:2012 „Elementy urządzenia piorunochronnego (LPCS)”.

Oprócz obowiązujących aktów prawnych, pewnymi wyznacznikami dla inwestorów mogą być także standardy wypracowane w innych krajach, jak np. w Niemczech (oczywiście z zachowaniem obowiązującego prawa danego kraju, w którym zlokalizowana będzie instalacja PV) oraz wymagania firm

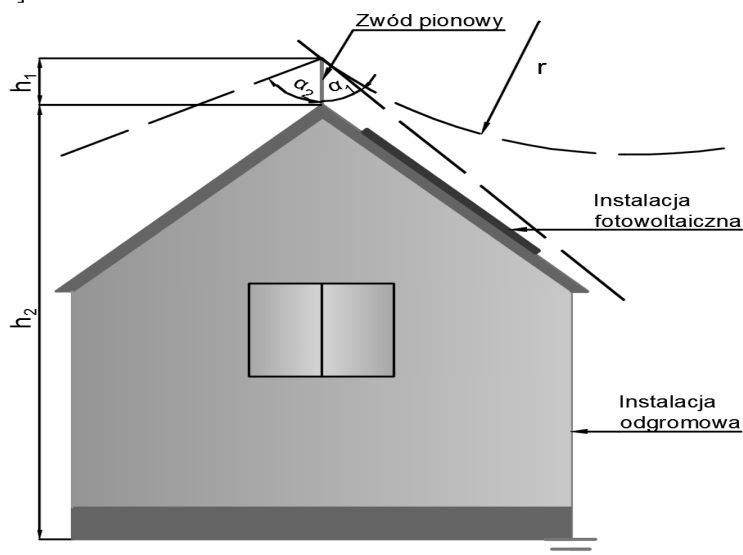
ubezpieczeniowych lub banków. W przypadku instalacji fotowoltaicznych o mocy znamionowej powyżej 10 kW ubezpieczyciele wymagają instalacji odgromowej wykonanej w III poziomie ochrony oraz wewnętrznej ochrony przeciwprzepięciowej. W przypadku instalacji wolnostojących natomiast konieczne jest zastosowanie urządzeń ochrony przeciwprzepięciowej i systemu wyrównania potencjałów [5].

3. INSTALACJA ODGROMOWA

W przypadku mikroinstalacji fotowoltaicznej montowanej na dachu budynku należy zapewnić odpowiednie rozmieszczenie zwodów instalacji odgromowej, zapewniające właściwe bezpieczeństwo systemu. Układ zwodów określa się na podstawie jednej z trzech metod:

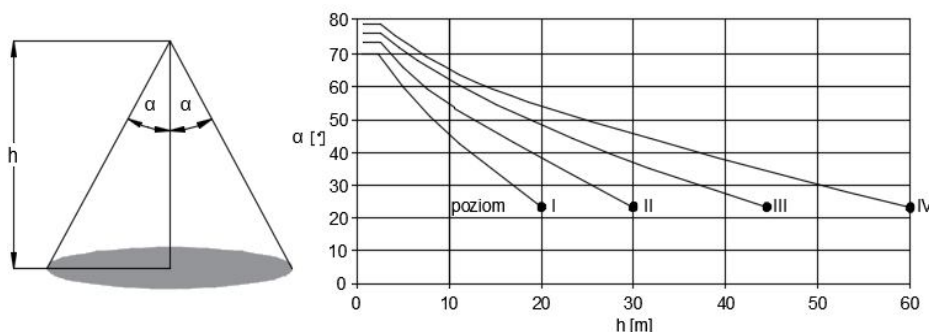
- metoda oczkowa (właściwa dla powierzchni płaskich),
- metoda kąta ochronnego (właściwa dla budynków o prostych kształtach),
- metoda toczonej się kuli (właściwa w każdym przypadku).

Wykorzystując metodę toczonej się kuli, strefę bezpieczeństwa określa się poprzez wirtualne toczenie się kuli o odpowiednim promieniu po powierzchni instalacji. W miejscach na płaszczyźnie elementów instalacji, w których nie dochodzi do ich dotyku przez kulę, nie zachodzi zagrożenie bezpośredniego uderzenia pioruna (rys. 1). Dla III poziomu ochrony promień kuli powinien wynosić 45 m [1, 5].



Rys. 1. Wyznaczanie strefy ochronnej instalacji odgromowej dla instalacji fotowoltaicznej na dachu za pomocą metody toczonej się kuli oraz metody kąta ochronnego [1, 5]:
 r – promień kuli [m], h_1 – długość (wysokość) zwodu pionowego [m], h_2 – odległość najwyżej położonego punktu dachu od powierzchni ziemi [m]

Strefę bezpieczeństwa za pomocą metody kąta ochronnego określa wirtualne pole stożka wyznaczone przy danym kącie α . Kąt ten zależy od wysokości zwodu h i klasy ochrony, co pokazano na rysunku 2.



Rys. 2. Wyznaczanie kątów ochronnych w zależności od wysokości zwodu h i wymaganego poziomu ochrony [3, 5, 6]

Projektanci systemów PV i systemów ochrony odgromowej muszą uzgodnić ze sobą wiele aspektów. Projektant instalacji fotowoltaicznej chciałby jak najbardziej wykorzystać powierzchnię dachu pod montaż paneli PV. Z kolei, planując urządzenia piorunochronne, należy zapewnić bezpieczny odstęp izolacyjny pomiędzy elementami LPS (ang. Lightning Protection System) a panelami PV. W przypadku braku wzajemnej komunikacji i koordynacji prac mogą pojawić się problemy związane z bezpieczną eksploatacją instalacji. Stosowany odstęp pomiędzy elementami systemu PV a instalacją odgromową konieczny jest ze względu na zabezpieczenie elementów instalacji fotowoltaicznej przed przeskokami iskrowymi czy łukami elektrycznymi od zwodów pionowych i poziomych instalacji odgromowej (rys. 3).

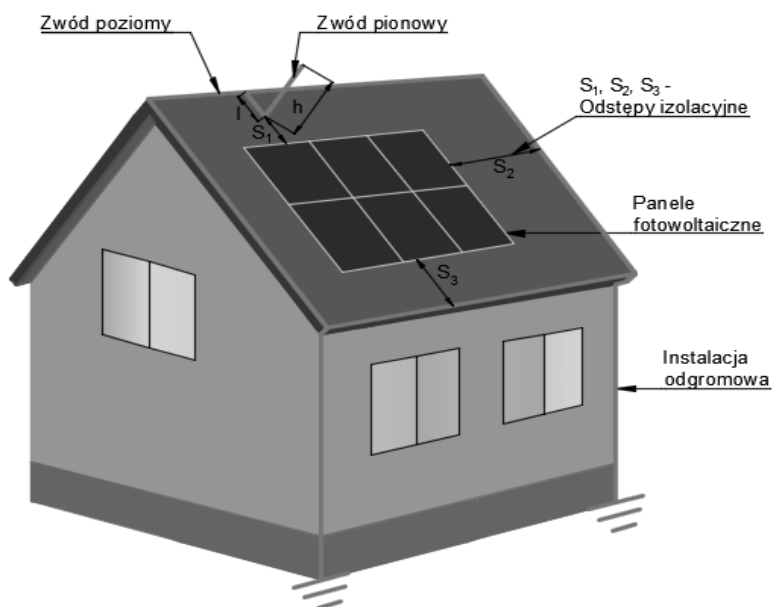
Wymagane odstępy izolacyjne wyznacza się zgodnie z normą PN-EN 62305-3:2011 na podstawie wzoru 1 [3, 4, 5, 6]:

$$S \geq k_i \cdot \frac{k_c}{k_m} \cdot l \quad (1)$$

gdzie: S – minimalny odstęp izolacyjny [m], l – długość mierzona wzdłuż przewodu zwodu lub przewodu odprowadzającego od punktu rozpatrywanego zbliżenia do punktu najbliższego połączenia wyrównawczego [m], k_i , k_c , k_m – współczynniki, których wartości zestawiono w tabeli 1.

Z reguły wystarczający odstęp izolacyjny S wynosi od 0,5 do 1 m. Problem pojawia się w sytuacji, gdy nie można zapewnić wymaganego odstępu pomiędzy elementami instalacji PV i odgromowej, np. z powodu stalowej konstrukcji dachu lub jego pokrycia albo pełnego wypełnienia powierzchni dachu przez panele PV. W celu zabezpieczenia paneli fotowoltaicznych przed przeskokami

ładunków elektrycznych z instalacji odgromowej należy wykonać połączenia wyrównawcze pomiędzy metalowymi ramkami paneli za pomocą układu zwodów [5].



Rys. 3. Wyznaczanie odstępów izolacyjnych od instalacji fotowoltaicznej [5]

Tabela 1. Wartości współczynników w równaniu określającym odstęp izolacyjny [3, 4, 5, 6]

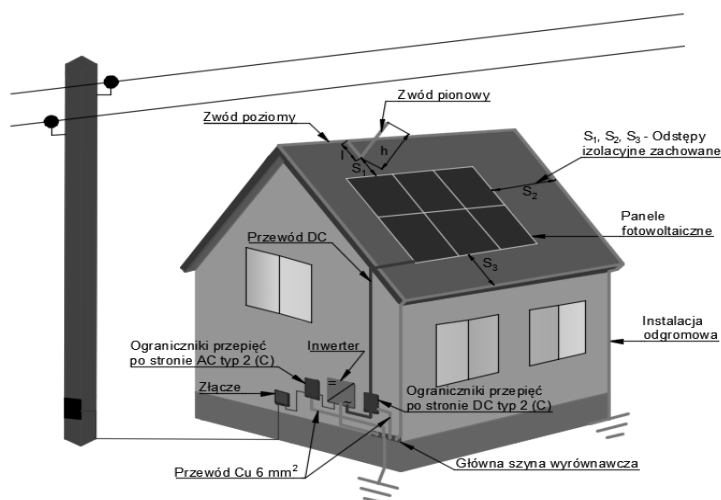
| Współczynnik | Wartość | |
|--|--|--|
| k_i – uzależniony od klasy ochrony LPS | 0,08 – dla I klasy LPS 0,06 – dla II klasy LPS 0,04 – dla III i IV klasy LPS | |
| k_m – uzależniony od materiału odstepu izolacyjnego | 1 – dla powietrza 0,5 – dla betonu, cegły 0,7 ÷ 0,8 – dla zastosowanych materiałów dystansujących (wartości podane przez producentów elementów dystansujących) | |
| k_c – uzależniony od rozplywu prądu w przewodach LPS | Układ uziemienia typu A | Układ uziemienia typu B |
| | 1 – zwód pionowy i 1 przewód odprowadzający, 0,66 – zwód poziomy i 2 przewody odprowadzające, 0,44 – sieć zwodów oraz 4 i więcej przewodów odprowadzających | 1 – zwód pionowy i 1 przewód odprowadzający, 0,5 ÷ 1 – zwód poziomy i 2 przewody odprowadzające, 0,25 ÷ 0,5 – sieć zwodów oraz 4 i więcej przewodów odprowadzających |

3. OCHRONA PRZED POŚREDNIMI SKUTKAMI WYŁADOWAŃ ATMOSFERYCZNYCH

Istotnym aspektem ochrony systemów fotowoltaicznych jest także zabezpieczenie ich przed pośrednim oddziaływaniem elektrycznym i elektromagnetycznym powstałym po uderzeniu pioruna w bliskim sąsiedztwie. W takiej sytuacji może dojść do powstania sprzężeń elektrycznych i magnetycznych, które mogą doprowadzić do uszkodzenia falownika. Zagrożenia powstałe na skutek impulsów przepięciowych można wyeliminować bądź zminimalizować za pomocą środków ochrony odgromowej, tj.: uziemień, wyrównania potencjałów, zastosowania odpowiednich ograniczników przepięć SPD (ang. Surge Protective Device) po stronie DC i AC, ekranowania oraz poprzez właściwe prowadzenie przewodów.

W celu ochrony systemu fotowoltaicznego przed pośrednimi skutkami uderzenia pioruna można wyróżnić dwa przypadki [1, 5]:

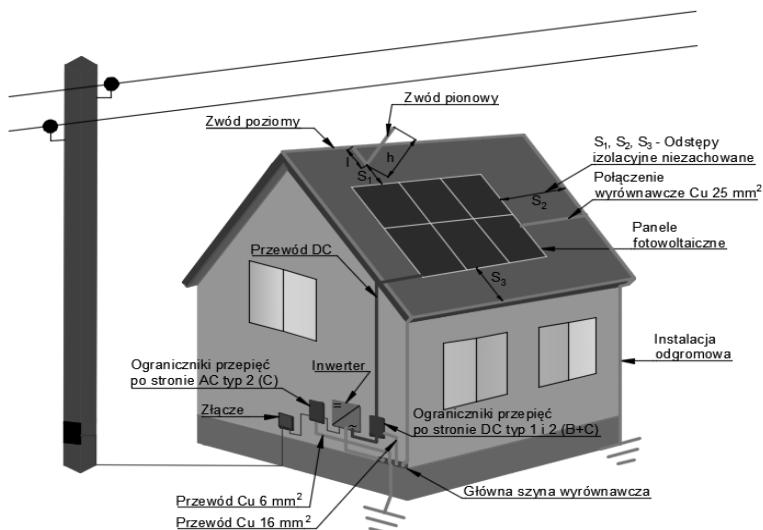
- a) Zachowanie odstępów izolacyjnych pomiędzy instalacją odgromową a fotowoltaiczną bądź budynek bez instalacji odgromowej (rys. 4).



Rys. 4. Schemat ideowy zabezpieczenia instalacji PV przed pośrednimi skutkami wyładowań atmosferycznych przy zachowaniu odstępów izolacyjnych bądź braku instalacji odgromowej [1, 5]

W przypadku zachowania minimalnych odstępów izolacyjnych pomiędzy elementami instalacji fotowoltaicznej i odgromowej bądź braku instalacji odgromowej nie przewiduje się oddziaływania części prądu piorunowego na przewody instalacji po stronie DC. Odpowiedni poziom ochrony zapewnią więc ograniczniki przepięć typu 2 (C) po stronie DC (generatora

- fotowoltaicznego) i AC (instalacji elektrycznej niskiego napięcia) podłączone przewodem ochronnym o przekroju min. 6 mm^2 do szyny wyrównawczej.
- b) Brak możliwości zachowania odstępów izolacyjnych pomiędzy instalacją odgromową a fotowoltaiczną (rys. 5).



Rys. 5. Schemat ideowy zabezpieczenia instalacji PV przed pośrednimi skutkami wyładowań atmosferycznych przy niezachowaniu odstępów izolacyjnych [1, 5]

W przypadku niezachowania minimalnych odstępów izolacyjnych pomiędzy elementami instalacji fotowoltaicznej i odgromowej należy założyć oddziaływanie części prądu piorunowego na przewody prądu stałego po stronie DC. Odpowiedni poziom zostanie zapewniony poprzez zastosowanie ograniczników przepięć typu 1 i 2 (klasy B + C) po stronie DC oraz typu 2 (klasy C) po stronie AC. Ogranicznik przepięć typu 1 należy podłączyć przewodem o przekroju min. 16 mm^2 do szyny wyrównawczej.

Dobierając ograniczniki przepięć należy pamiętać o nieprzekroczeniu ich maksymalnego napięcia pracy trwałej, które wyznacza się z zależności (2) [5]:

$$U_{CPV} \geq U_{OC} \cdot 1,2 \quad (2)$$

gdzie: U_{CPV} – maksymalne napięcie pracy ciągłej [V], U_{OC} – napięcie obwodu otwartego łańcucha paneli PV [V].

Ograniczniki przepięć SPD typu 1 zapewniają ochronę przed oddziaływaniem bezpośrednim prądów piorunowych oraz przepięciami łączeniowymi. Ponadto zapewniają wyrównanie potencjałów wszystkich instalacji wchodzących do budynku. Ograniczniki przepięć SPD typu 2 zapewniają ochronę przed indukowanymi przepięciami atmosferycznymi i przepięciami łączeniowymi [1, 4, 5].

5. WNIOSKI

Odpowiednio zaprojektowana instalacja odgromowa pozwala na ochronę instalacji fotowoltaicznej przed skutkami wyładowań atmosferycznych. Odpowiednio dobrane i rozmieszczone układy zwodów poziomych i pionowych wraz z przewodami odprowadzającymi, połączeniami wyrównawczymi i uziomem zapewniają właściwą ochronę elementom instalacji fotowoltaicznej. Instalacja odgromowa powinna zostać wykonana przez uprawnionego projektanta zgodnie z obowiązującym prawem i normami. Elementy systemu PV muszą być umieszczone w przestrzeni chronionej z zachowaniem właściwego odstępu izolacyjnego. Jeśli zachowanie odstępu nie jest możliwe, należy wykonać połączenia wyrównawcze pomiędzy elementami konstrukcyjnymi systemu fotowoltaicznego a elementami instalacji odgromowej (lub dachem). Ponadto niezbędnymi elementami ochrony instalacji fotowoltaicznych przed pośrednimi skutkami wyładowań atmosferycznych są ograniczniki przepięć SPD, które powinny znajdować się po stronie DC i AC instalacji. Klasę ograniczników należy dobrać w zależności od sposobu montażu i typu instalacji. Przekrój przewodu łączącego ogranicznik przepięć z szyną wyrównawczą należy dobrać w zależności od klasy ogranicznika a długość przewodu łączącego nie powinna przekraczać 0,5 m.

LITERATURA

- [1] Haberlin H., Photovoltaics. System Designed and Practice, John Wiley & Sons Ltd., 2012.
- [2] Maksymiuk J., Aparaty elektryczne w pytaniach i odpowiedziach, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1997.
- [3] Norma PN-EN 62305:2011 "Ochrona odgromowa"
- [4] Polski Komitet Normalizacyjny, <http://pkn.pl>, dn. 15.01.15 r.
- [5] Szymański B., Instalacje fotowoltaiczne, GlobEnergia, Kraków, 2014.
- [6] http://www.dos.piib.org.pl/var/userfiles/Czytelnia/Ochrona-mat.szkol._2.pdf, dn. 17.12.14 r.

INSTALLATION OF LIGHTNING AND SURGE IN THE PHOTOVOTAIC INSTALLATIONS

In this paper, the issue of protection of photovoltaic systems against direct and indirect effects of atmospheric discharges (the lightning). Were quoted the appropriate norms, according to which the lightning protection system should be performed, and which are subject to the devices used in lightning protection. Describes the methods of protective angles and rolling sphere in order to determine of protection zones and the height of vertical air terminals. Indicates the determination of the minimum insulation gap between the elements of the PV installation and the lightning protection system and the types of surge arresters. There specified different types of protection which depending on the type of installation.