
Fotowoltaika: ochrona przeciwpożarowa i przepięciowa

Poradnik dla inwestorów: przeciwpożarowy wyłącznik prądu, strona DC, odstępy od instalacji odgromowej, ograniczniki przepięć, ubezpieczenie i przeglądy.

Spis treści

1. Dlaczego instalacja PV wymaga osobnego podejścia do bezpieczeństwa
2. Schemat: jakie elementy ochrony zawiera instalacja PV
3. Skąd biorą się pożary instalacji fotowoltaicznych
4. Przepisy i dokumenty: co obowiązuje, a co jest projektem
5. Przeciwpożarowy wyłącznik prądu: po co jest i co to właściwie jest
6. Gdzie PWP jest wymagany, a gdzie zalecany
7. Co PWP odcina, a co zostaje pod napięciem
8. PWP a instalacja PV: falownik, magazyn energii, agregat i UPS
9. Budowa i sterowanie PWP: aparat, przycisk, wyzwalacze
10. Lokalizacja, oznakowanie i dostęp dla straży
11. Certyfikat czy dopuszczenie jednostkowe i uzgodnienia
12. PWP, wyłącznik główny, wyłączanie awaryjne i odłączanie izolacyjne
13. Sprawdzanie PWP przy odbiorze i w eksploatacji
14. Typowe błędy przy projektowaniu i wykonaniu PWP
15. Strona DC: odłączanie izolacyjne i rozłączanie
16. Strona DC: szybkie wyłączanie i dostęp dla straży
17. Strona DC: łuk, izolacja, nadprądowe, uziemienie
18. Prowadzenie przewodów DC i miejsce falownika
19. Rozmieszczenie na dachu, dostęp dla straży i oznakowanie
20. Fotowoltaika a ochrona odgromowa
21. Odstępy izolacyjne od zwodów i połączenie konstrukcji PV z LPS
22. Ograniczniki przepięć po stronie DC
23. Ograniczniki przepięć po stronie AC i na liniach sygnałowych
24. Magazyn energii: dodatkowe zagrożenia
25. Ubezpieczenie instalacji fotowoltaicznej
26. Odbiór, badania i przeglądy instalacji PV
27. Kto może zaprojektować, uzgodnić i wykonać pomiary

28. Typowe błędy w instalacjach PV

29. Lista kontrolna dla inwestora

30. Najczęstsze pytania

31. Podstawy: normy i przepisy

32. Słowniczek

Poradnik ma charakter informacyjny i ogólny. Nie zastępuje projektu, uzgodnień ani opinii dla konkretnego obiektu, a przepisy i normy się zmieniają (w tym warunki techniczne dla budynków, których status w październiku 2026 r. wymaga sprawdzenia). Przed decyzją o montażu lub zmianie instalacji skonsultuj się z projektantem.

1. Dlaczego instalacja PV wymaga osobnego podejścia do bezpieczeństwa

Instalacja fotowoltaiczna różni się od zwykłej instalacji odbiorczej w jednym podstawowym punkcie: **część stałoprądowa jest pod napięciem, dopóki na moduły pada światło**. Nie da się jej wyłączyć jednym przyciskiem w rozdzielnicy, bo moduły wciąż wytwarzają energię. Wyłączenie falownika lub odcięcie części przemiennej (AC) nie usuwa napięcia z przewodów prowadzących od dachu do falownika. Norma instalacyjna dla PV wprost zakłada, że po stronie DC napięcie występuje zawsze, gdy generator jest oświetlony, i wymaga, by projekt uwzględniał tę cechę w doborze urządzeń, w oznakowaniu i w sposobie odłączania.

Ma to trzy konsekwencje, o których warto pamiętać od etapu projektu:

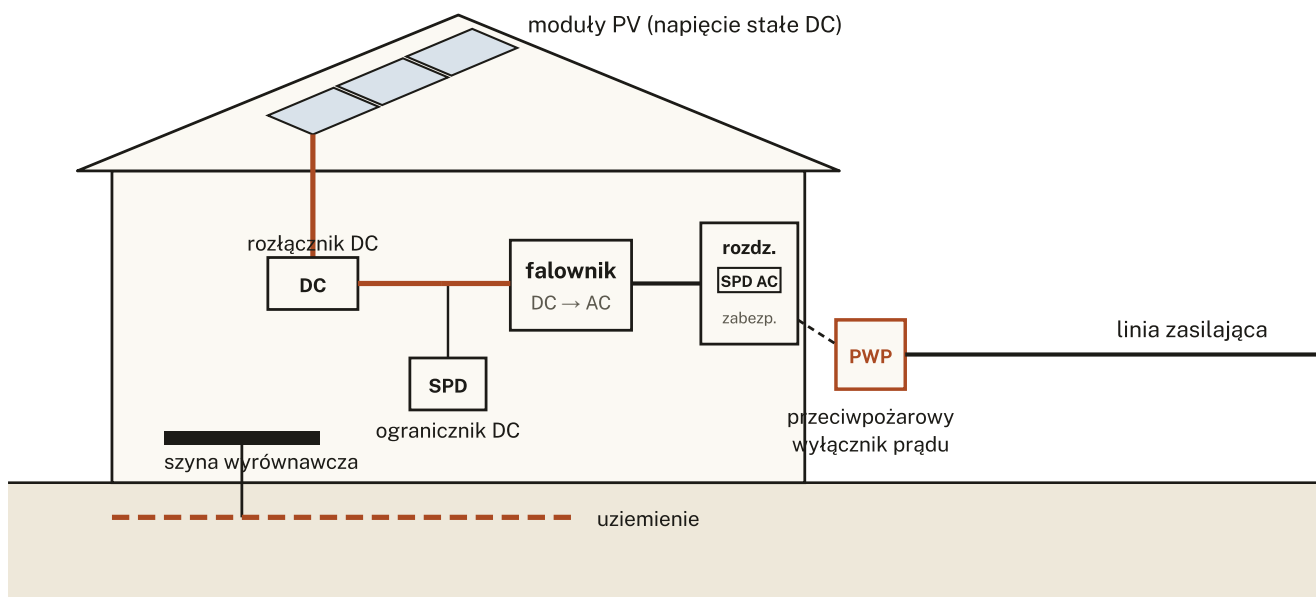
- **Łuk elektryczny w obwodzie stałoprądowym** jest trudny do ugaszenia, bo prąd stały nie przechodzi przez zero, tak jak prąd przemienny. Wadliwe połączenie może więc palić się długo.
- **Ratownicy nie mogą po prostu odłączyć napięcia**, jeśli nie przewidziano w instalacji rozwiązań, które to umożliwiają, oraz oznakowania, które informuje o obecności PV.
- **Instalacja jest narażona na przepięcia**, bo składa się z rozległych pętli przewodów na dachu i z kosztownej elektroniki (falownik). Szkody po burzy są częste, a naprawa droga.

Dlatego ochrona przeciwpożarowa i ochrona przepięciowa instalacji PV powinny być zaplanowane razem z doborem modułów, falownika i trasy przewodów, a nie dodawane na końcu. Poradnik jest podzielony na części: najpierw przyczyny i przepisy, potem obszerny opis przeciwpożarowego wyłącznika prądu (PWP), następnie rozwiązania po stronie stałoprądowej, układ na dachu, powiązanie z ochroną odgromową, ograniczniki przepięć, ubezpieczenie, odbiór i przeglądy.

2. Schemat: jakie elementy ochrony zawiera instalacja PV

Poniższy schemat pokazuje poglądowo, gdzie w instalacji na dachu domu występują elementy ochrony omawiane w poradniku. Rzeczywisty układ zależy od projektu, falownika i rodzaju budynku.

- obwód prądu stałego (DC), pod napięciem przy oświetleniu
- obwód prądu przemiennego (AC) i połączenia wyrównawcze



Schemat poglądowy instalacji PV z elementami ochrony: rozłącznik i ogranicznik po stronie DC, ogranicznik AC w rozdzielnicy, przeciwpowozarowy wyłącznik prądu przy wejściu, szyna wyrównawcza i uziemienie.

Zwróć uwagę na dwa kolory przewodów. Czerwony oznacza obwód stałoprądowy, który pozostaje pod napięciem także wtedy, gdy zadziała wyłącznik przeciwpowozarowy. Czarny oznacza obwody przemiennego, które wyłącznik odcina. Ta różnica jest głównym tematem kolejnych rozdziałów.

3. Skąd biorą się pożary instalacji fotowoltaicznych

Instalacje PV same w sobie nie są szczególnie niebezpieczne, ale wady wykonania i eksploatacji mogą prowadzić do pożaru. Najczęstsze przyczyny to:

- **złe połączenia przewodów i złączy:** niedokręcone, niekompatybilne lub zanieczyszczone złącza, które się nagrzewają i iskrzą. Szczególnie niebezpieczne jest łączenie wtyków różnych producentów, które tylko pozornie do siebie pasują. Norma instalacyjna wymaga, by złącza w jednym obwodzie były ze sobą zgodne;
- **uszkodzenia przewodów:** przetarcia o ostre krawędzie konstrukcji, uszkodzenia przez zwierzęta, naprężenia przy skurczu i rozszerzaniu na dachu, brak ochrony przed promieniowaniem UV;
- **wady falownika i rozłączników:** przegrzewanie wskutek złego odprowadzania ciepła, zalania lub wad produkcyjnych, uszkodzenia po przepięciu;
- **rozłączanie pod obciążeniem urządzeń, które do tego nie służą:** otwarcie wkładki bezpiecznikowej lub zestawu ogranicznika przepięć przy płynącym prądzie stałym może wywołać trwały łuk;
- **zacienienie i gorące punkty modułów:** uszkodzone ogniwa lub diody, które nagrzewają fragment modułu;
- **błędy projektowe:** brak zabezpieczeń, nieodpowiedni dobór przewodów lub rozłączników, trasa przewodów przez miejsca narażone na uszkodzenia;

- **przepięcia piorunowe:** uszkadzające izolację i elektronikę, a w skrajnych przypadkach prowadzące do zapalenia.

Większość z tych przyczyn można ograniczyć dobrym projektem, właściwymi materiałami, starannym montażem i okresowymi przeglądami, w tym badaniami termowizyjnymi.

4. Przepisy i dokumenty: co obowiązuje, a co jest projektem

Wymagania dla instalacji PV pochodzą z kilku źródeł. Poniżej porządkuję je według wagi i statusu.

Normy instalacyjne i wyrobowe

- **PN-HD 60364-7-712** (wydanie z 2016 r.), instalacje fotowoltaiczne w instalacjach niskiego napięcia: ochrona, rozłączanie i łączenie, przewody, uziemienia, ograniczniki przepięć, monitorowanie izolacji;
- **PN-HD 60364-5-53** (wydanie z 2022 r.), aparatura rozdzielcza i sterownicza, w tym ograniczniki przepięć, odłączanie izolacyjne, wyłączanie awaryjne;
- **PN-HD 60364-5-56** (wydanie z 2019 r.), instalacje bezpieczeństwa, w tym zasady zasilania urządzeń, które muszą działać w czasie pożaru;
- **IEC 62548-1:2023** (wcześniej specyfikacja techniczna IEC TS 62548:2013), wymagania projektowe dla generatorów fotowoltaicznych. To dokument międzynarodowy; nie potwierdziłem jego wydania jako Polskiej Normy, więc status w katalogu PKN należy sprawdzić;
- **PN-EN 62446-1** (wydanie z 2016 r.), dokumentacja, badania odbiorcze i nadzór nad instalacjami PV podłączonymi do sieci;
- **PN-EN 61643-31:2019** (wymagania i badania ograniczników przepięć dla strony DC instalacji PV; zastąpiła normę EN 50539-11) oraz **CLC/TS 51643-32:2020** (zasady doboru i stosowania takich ograniczników; zastąpiła specyfikację CLC/TS 50539-12). PN-HD 60364-7-712 w wydaniu z 2016 r. powołuje jeszcze dokumenty wycofane;
- **seria PN-EN IEC 62305**, ochrona odgromowa (rozdziały o odstępach izolacyjnych i ogranicznikach przepięć w częściach 3 i 4);
- **PN-EN 50618**, przewody do instalacji PV.

Przepisy techniczno-budowlane i przeciwpożarowe

- rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (dalej: WT). Jego §183 wymaga stosowania przeciwpożarowego wyłącznika prądu w strefach pożarowych o kubaturze powyżej 1000 m³ oraz w budynkach ze strefami zagrożonymi wybuchem i określa jego miejsce (w pobliżu głównego wejścia do obiektu lub złącza, z oznakowaniem);
- przepisy o wyrobach budowlanych, które decydują o tym, jak przeciwpożarowy wyłącznik prądu może zostać wprowadzony do obrotu i zastosowany w obiekcie (certyfikat albo dopuszczenie jednostkowe, patrz rozdział o certyfikacji);

- rozporządzenie MSWiA z 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (tekst jednolity: Dz.U. 2023 poz. 822, z późniejszymi zmianami). Wymienia ono wprost przeciwpożarowe wyłączniki prądu wśród urządzeń przeciwpożarowych (§2 pkt 9), wymaga wykonania takich urządzeń według projektu uzgodnionego przez rzeczoznawcę do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych oraz prób i badań przed dopuszczeniem do użytkowania (§3 ust. 1) i ich przeglądów nie rzadziej niż raz w roku (§3 ust. 2 i 3);
- wytyczne i publikacje CNBOP-PIB dotyczące przeciwpożarowych wyłączników prądu, w tym wykaz wydanych certyfikatów.

Nowe warunki techniczne: stan na październik 2026 r.

Dotychczasowe rozporządzenie w sprawie warunków technicznych (z 2002 r.) opierało się na upoważnieniu, które wygasło 19 września 2026 r., a nowego rozporządzenia nie ogłoszono. Rozwiązanie przejściowe wprowadziła ustawa z 31 lipca 2026 r. o zmianie ustawy o samorządach zawodowych architektów oraz inżynierów budownictwa oraz ustawy – Prawo budowlane (Dz.U. 2026 poz. 1161), która dodała do Prawa budowlanego art. 102a–102c. Według opisów w serwisach prawniczych i w informacji izby inżynierów budownictwa przepisy te pozwalają, przez 18 miesięcy od 20 września 2026 r., sporządzić projekt zagospodarowania działki lub terenu, projekt architektoniczno-budowlany (a w razie wyboru tej drogi także projekt techniczny) według przepisów obowiązujących do 19 września 2026 r., po złożeniu przez inwestora odpowiedniego oświadczenia. Rozwiązanie dotyczy więc sporządzania projektu, a nie tego, że stare rozporządzenie nadal obowiązuje bez ograniczeń. Dokładny zakres i warunki należy sprawdzić w tekście ustawy, którego nie cytuję.

Projekt nowego rozporządzenia, jak opisują go serwisy prawne i branżowe, zawiera osobne wymagania dla instalacji PV. Według tych opisów dotyczy on m.in.:

- prowadzenia przewodów stałoprądowych głównie na zewnątrz budynku, a wewnątrz w osłonach o odpowiedniej odporności ogniowej;
- wyłącznika umożliwiającego służbom ratowniczym odłączenie albo obniżenie napięcia instalacji PV po stronie DC;
- monitorowania izolacji strony DC i wykrywania łuków elektrycznych;
- autonomicznej czujki dymu w pomieszczeniu z falownikiem lub rozdzielnicą;
- warunków rozmieszczenia modułów na dachach i ścianach oraz oznakowania budynku informującego o instalacji PV.

Status. Wymagania z projektu nowego rozporządzenia traktuję jako zapowiedź, bo źródła różnią się co do terminów i okresów przejściowych, a ostateczny tekst nie został ogłoszony. Przed projektem i odbiorem sprawdź aktualny stan prawny w Dzienniku Ustaw lub w bazie ISAP.

5. Przeciwpowozarowy wylacznik pradu: po co jest i co to wlasciwie jest

Przeciwpowozarowy wylacznik pradu (PWP) to urzadzenie, ktore pozwala ratownikom jednym dzialaniem odciac doplyw energii elektrycznej do obiektu objetego pozarem, z pozostawieniem zasilania tych odbiornikow, ktore sa potrzebne podczas pozaru. Sens jest prosty: strazak, ktory wchodzi z woda do budynku, nie powinien szukac po omacku wlasciwych rozdzielnic i nie powinien gasic woda instalacji pod napieciem.

Jak wyglada PWP w praktyce

W wiekszosci obiektow PWP nie jest jednym urzadzeniem, tylko zestawem kilku elementow:

- **aparatu wykonawczego**, czyli rozlacznika lub wylacznika w torze zasilania, ktory faktycznie przerywa prad;
- **urzadzenia uruchamiajacego**, czyli przycisku, ktory ratownik naciska (zwykle z szybka ochronna, ktora sie zbija);
- **obwodu sterowania**, ktory laczy przycisk z aparatem, wraz z zasilaniem i ewentualna kontrola ciaglosci;
- **sygnalizacji polozenia**, ktora pokazuje, czy aparat jest zamkniety, czy otwarty.

Skad wynika wymaganie

Wymaganie stosowania PWP wynika z przepisow techniczno-budowlanych (§183 WT). Wedlug tego przepisu wylacznik odcina doplyw pradu do wszystkich obwodow z wyjatkiem tych, ktore zasilaja instalacje i urzadzenia niezbedne podczas pozaru, a ma byc umieszczony w poblizu glownego wejscia do obiektu lub zlacza i odpowiednio oznakowany. Rozporzadzenie MSWiA w sprawie ochrony przeciwpowozarowej budynkow wymienia przeciwpowozarowe wylaczniki pradu wprost wzrod urzadzen przeciwpowozarowych, co ma konsekwencje dla projektu, odbioru i przegladow (opisane w dalszych rozdzialach).

Skad ten wylacznik w poradniku o fotowoltaice

Instalacja PV zmienia obraz sytuacji. Bez PV po zadzialaniu PWP budynek jest bezpieczny od strony sieci: nie ma juz zrodla zasilania. Z PV dochodzi nowe zrodlo energii, ktore nie wylacza sie razem z siecia. Dlatego trzeba osobno ustalic, co dzieje sie z falownikiem, magazynem energii i przewodami stalopradowymi po zadzialaniu PWP. Odpowiedz zalezy od ukkladu instalacji i jest glownym przedmiotem kolejnych rozdzialow.

Dwa rozne pojecia. „Wylacznik przeciwpowozarowy” w rozumieniu polskich przepisow budowlanych to PWP, ktorym ratownicy odcinaja zasilanie budynku. „Wylacznik powozarowy” w normach instalacyjnych (np. w zalaczniku do PN-HD 60364-5-53) to szersza koncepcja urzadzenia dla strazy, dla instalacji oswietleniowych o podwyzszonym napieciu. Oba warto odrznic, zeby nie przenosic wymagan z jednego na drugie.

6. Gdzie PWP jest wymagany, a gdzie zalecany

Wymaganie z przepisów

Według dotychczasowych warunków technicznych PWP stosuje się:

- w każdej **strefie pożarowej o kubaturze powyżej 1000 m³**;
- w budynkach, w których są **strefy zagrożone wybuchem**, niezależnie od kubatury.

Z tego wynika kilka rzeczy, które często się gubią:

- **Próg dotyczy strefy pożarowej, nie budynku.** Budynek podzielony na kilka stref może mieć jedną dużą strefę, która próg przekracza, i kilka małych, które go nie przekraczają.
- **Typowy dom jednorodzinny** ma zwykle jedną strefę pożarową o kubaturze znacznie mniejszej niż próg, więc z samego przepisu PWP nie wynika. Inaczej bywa z dużymi garażami, budynkami gospodarczymi, halami, magazynami, obiektami usługowymi czy budynkami wielorodzinnymi, w których kubatura strefy łatwo przekracza próg.
- **Pomieszczenie zagrożone wybuchem** uruchamia wymaganie niezależnie od wielkości. Dotyczy to na przykład pomieszczeń z gazami lub pyłami palnymi, a czasem pomieszczeń z bateriami akumulatorów, jeśli z oceny zagrożeń wynika ryzyko wybuchowej atmosfery (wodór).

Rozporządzenie MSWiA nakłada na właścicieli, zarządców i użytkowników budynków obowiązek wyposażenia obiektów w PWP zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi, ale z wyjątkiem budynków mieszkalnych jednorodzinnych (§4 ust. 2). Nie zmienia to wymagań projektowych, jeśli strefa pożarowa przekracza próg, a wskazuje, że dla domów jednorodzinnych ten obowiązek właściciela nie obowiązuje.

Jak zliczać strefy i kubaturę

Kubaturę strefy pożarowej określa projekt architektoniczno-budowlany, zgodnie z przyjętymi w projekcie zasadami, i to na jego podstawie projektant elektryk ustala, w których strefach PWP jest wymagany. Nie sumuje się kubatur różnych stref. W budynku z wieloma strefami projektuje się często jeden PWP odcinający zasilanie całego obiektu albo kilka wyłączników odpowiadających strefom. Wybór wynika z układu zasilania, wielkości budynku i uzgodnień z rzeczoznawcą do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych.

Kiedy PWP jest zalecany, choć nie wymagany

Gdy próg nie jest przekroczony, PWP nadal może być sensownym środkiem, szczególnie w takich przypadkach:

- większa instalacja PV, zwłaszcza z przewodami DC prowadzonymi przez budynek;
- magazyn energii w budynku;
- budynek, w którym ubezpieczyciel lub rzeczoznawca wskazuje taką potrzebę;
- obiekt, w którym ratownicy mają utrudniony dostęp do rozdzielnic.

Zalecenie nie ma wtedy mocy przepisu, ale może stać się wymaganiem z uzgodnień lub z warunków ubezpieczenia. Z drugiej strony PWP wprowadza ryzyko niezamierzonych wyłączeń i koszty, więc

decyzję podejmuje projektant na podstawie oceny konkretnego obiektu.

Zmiana przepisów. Powyższe progi pochodzą z dotychczasowych warunków technicznych. Projekt nowych WT zapowiada dodatkowo wyłącznik umożliwiający odłączenie lub obniżenie napięcia strony DC w instalacjach PV (patrz rozdział o przepisach). Dopóki nowy akt nie zostanie ogłoszony i nie wejdzie w życie, wymaganie to ma status zapowiedzi.

7. Co PWP odcina, a co zostaje pod napięciem

Zasada działania PWP to rozdzielenie odbiorów na dwie grupy: te, które w czasie pożaru mają być wyłączone, i te, które mają pozostać zasilone.

Obwody odcinane

Wyłączeniu podlegają odbiory ogólne: oświetlenie podstawowe, gniazda, urządzenia grzewcze, technologiczne, AGD i inne, które w czasie akcji mogłyby stanowić zagrożenie porażeniowe lub podtrzymywać pożar. Dotyczy to także obwodów, z których zasilane są falownik PV i magazyn energii, o ile są przyłączone za PWP (szczegóły w następnym rozdziale).

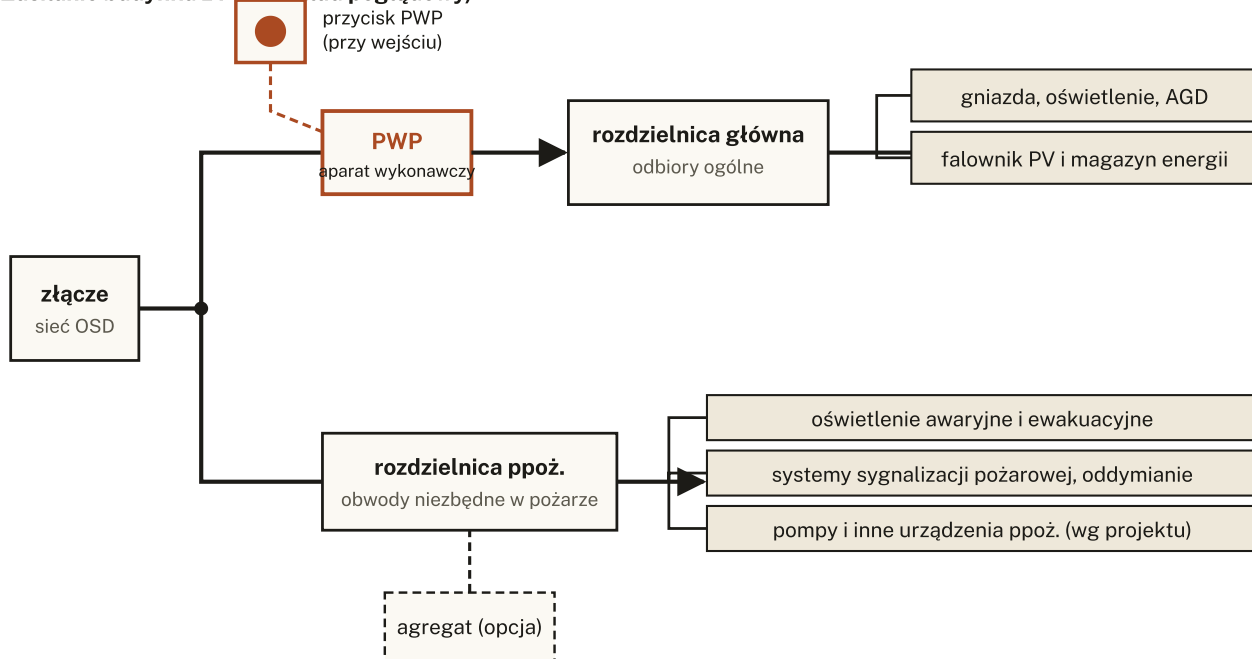
Obwody, które muszą działać w czasie pożaru

Przepis zostawia pod napięciem instalacje i urządzenia, których funkcjonowanie jest niezbędne podczas pożaru. Które to są, wynika z projektu konkretnego obiektu. Typowe grupy:

- oświetlenie awaryjne i ewakuacyjne (w przepisach jest to wprost uwzględniane jako wyjątek);
- systemy sygnalizacji pożarowej i dźwiękowy system ostrzegawczy;
- urządzenia do oddymiania, klapy dymowe, wentylacja pożarowa;
- pompy pożarowe, zasilanie stałych urządzeń gaśniczych;
- windy dla straży pożarnej (jeśli występują);
- inne urządzenia wskazane w projekcie i uzgodnieniach.

Norma o instalacjach bezpieczeństwa pokazuje schemat zasilania, w którym wyłącznik pożarowy odłącza wszystkie obwody poza zasilającymi urządzenia potrzebne w pożarze, a te urządzenia mają własną rozdzielnicę, zasilaną z pominięciem tego wyłącznika, z możliwym zasilaniem rezerwowym z agregatu. Ten sam układ jest stosowany w polskiej praktyce (schemat poniżej).

Zasilanie budynku z PWP (układ poglądowy)



Linia ciągła: obwód zasilający. Linia przerywana czerwona: sterowanie PWP.

Po zadziałaniu PWP tracą zasilanie odbiory ogólne, w tym wyjście falownika.

Poglądowy układ zasilania budynku z PWP: odbiory ogólne (w tym falownik PV) za wyłącznikiem, obwody niezbędne w pożarze zasilane z pominięciem wyłącznika, agregat tylko dla obwodów pożarowych.

Kable obwodów pożarowych

Obwody, które mają działać w pożarze, wymagają przewodów i konstrukcji tras, które zachowają ciągłość dostawy przez założony czas pożaru. Dobiera się je według odrębnych zasad, a norma o instalacjach bezpieczeństwa zwraca uwagę, że rezystancja przewodów rośnie wraz z temperaturą, co przy długich liniach i obwodach sterowania ma znaczenie dla pewności działania. Przewody takie prowadzi się oddzielnie od innych instalacji, tak by usterka w nich nie osłabiała reakcji instalacji bezpieczeństwa.

Co PWP nie robi

- nie usuwa napięcia z obwodów przyłączonych **przed** aparatem wykonawczym (np. z linii zasilającej do złącza);
- nie usuwa napięcia z **modułów PV i przewodów DC**;
- nie rozładowuje magazynu energii ani baterii UPS, które pozostają naładowane;
- nie zastępuje odłączenia, którego żąda operator sieci lub straż w ramach działań ratowniczych, np. wyłączenia na złączu.

8. PWP a instalacja PV: falownik, magazyn energii, agregat i UPS

Instalacja PV, magazyn energii, agregat i zasilacz UPS to źródła, które po zadziałaniu PWP mogą nadal podawać napięcie do instalacji budynku. Projekt PWP w obiekcie z takimi źródłami wymaga dodatkowych decyzji.

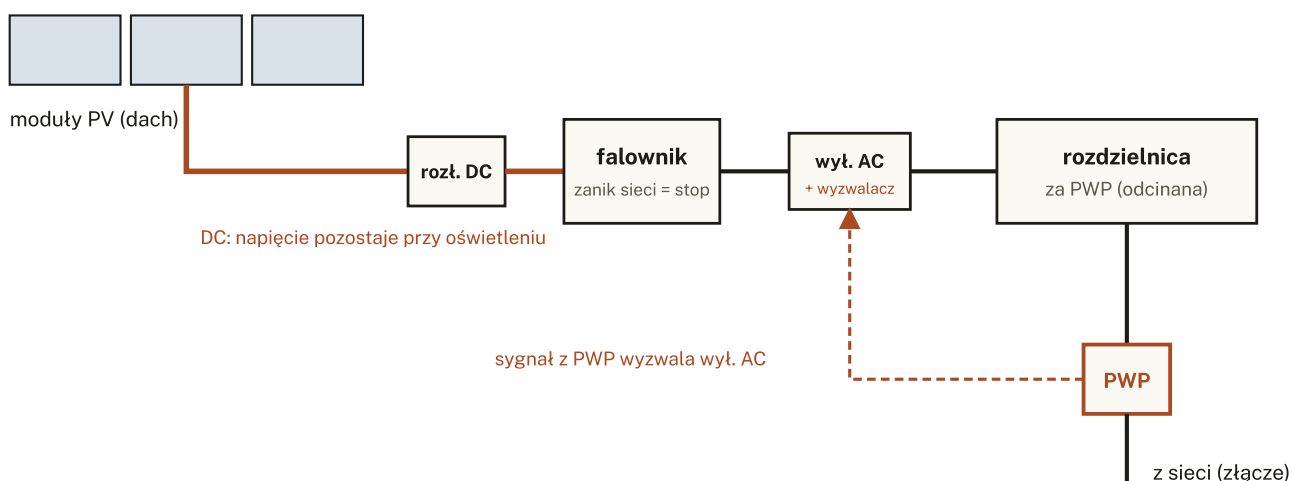
Punkt przyłączenia falownika względem PWP

Najważniejsza jest odpowiedź na pytanie: po której stronie PWP przyłączono falownik?

- **Falownik za PWP** (po stronie odbiorów odcinanych). Po otwarciu aparatu wykonawczego falownik traci przyłącze do sieci. Falowniki sieciowe mają funkcję wykrywania zaniku sieci i wyłączają się, co zapobiega pracy wyspowej. Część AC instalacji PV za PWP zostaje bez napięcia, ale moduły i przewody DC do falownika dalej mają napięcie. Wymaganie wykrywania zaniku sieci wynika z norm dla przyłączania generatorów do sieci niskiego napięcia (PN-EN 50549-1): instalacja wytwórcza ma zabezpieczenie przyłącza (napięciowe i częstotliwościowe), które otwiera łącznik przyłącza, a operator sieci może wymagać dodatkowych metod wykrywania pracy wyspowej, w tym przesyłu sygnału wyzwolenia. Działanie tych zabezpieczeń nie jest natychmiastowe, a ponowne załączenie następuje dopiero po powrocie napięcia i częstotliwości do dozwolonych zakresów i po ustalonym czasie obserwacji. Falownik nie wróci więc do pracy od razu po ponownym załączeniu PWP.
- **Falownik przed PWP** (po stronie zasilającej). PWP go nie odłącza, więc falownik dalej zasila ten fragment instalacji i może podawać napięcie wstecznie do odcinanej części. Takiego układu należy unikać albo zastosować dodatkowe odłączenie falownika sygnałem z PWP.
- **Falownik hybrydowy lub z wyjściem rezerwowym (backup, EPS)**. Po zaniku sieci falownik może zasilac wydzielone obwody z modułów lub z baterii. Takie obwody muszą być albo odłączane przez PWP, albo świadomie uwzględnione jako obwody pożarowe, z zachowaniem skutecznej ochrony przeciwporażeniowej i wyraźnym oznakowaniem.

Dobrym rozwiązaniem projektowym jest **przekazanie sygnału z PWP do wyłączacza wyłącznika obwodu falownika** (wyzwalacz wzrostowy), tak by falownik został odłączony od instalacji budynku także wtedy, gdy samodzielnie nie wykryłby zaniku sieci. Przesył sygnału wyzwolenia jest zresztą jedną z metod wykrywania pracy wyspowej wymienianych w normie. Pokazuje to schemat.

PV i PWP: co zostaje pod napięciem po zadziałaniu wyłącznika



PWP nie usuwa napięcia z modułów i przewodów DC do rozłącznika.

Falownik za PWP jest odłączany od budynku, ale nie od modułów.

PV i PWP: otwarcie aparatu głównego odcina odbiory ogólne, sygnał z PWP wyzwala wyłącznik AC falownika. Przewody DC i moduły pozostają pod napięciem.

Strona DC po zadziałaniu PWP

PWP nie rozwiązuje problemu napięcia na przewodach DC. Przewody od modułów do rozłącznika DC i falownika pozostają pod napięciem, o ile moduły są oświetlone. Ratownicy muszą o tym wiedzieć (oznakowanie), a projekt powinien ograniczyć długość i trasę takich przewodów w budynku oraz, jeśli wymagają tego przepisy, uzgodnienia lub ocena ryzyka, przewidzieć rozwiązania obniżające napięcie po stronie DC (rozdział o szybkim wyłączaniu).

Inaczej wygląda to w układach z optymalizatorami i mikrofalownikami (opis w rozdziale o szybkim wyłączaniu): po zadziałaniu PWP napięcie w przewodach DC spada do niskich wartości albo przewody na trasie są obwodami AC, które tracą napięcie razem z siecią.

Magazyn energii

Magazyn z akumulatorami ma własne źródło energii, więc po odcięciu zasilania z sieci nadal jest naładowany i może podawać napięcie, jeśli układ na to pozwala. Falownik magazynu powinien zostać odłączony od obwodów budynku sygnałem z PWP, a magazyn powinien mieć własne sprawne odłączenie. Zagrożenia samego magazynu (zapłon ogniw, gazy) opisuje rozdział o magazynie energii.

Agregat prądotwórczy

Zadziałanie PWP nie powinno powodować samoczynnego uruchomienia i załączenia agregatu na odcinane odbiory, bo to mogłoby przywrócić napięcie w budynku podczas akcji. Wyjątkiem jest zasilanie obwodów niezbędnych w pożarze, jeśli tak przewidziano w projekcie (np. oświetlenie awaryjne i urządzenia ppoż.). Układ automatyki agregatu i przełączników źródeł (SZR) projektuje się razem z PWP, a nie osobno.

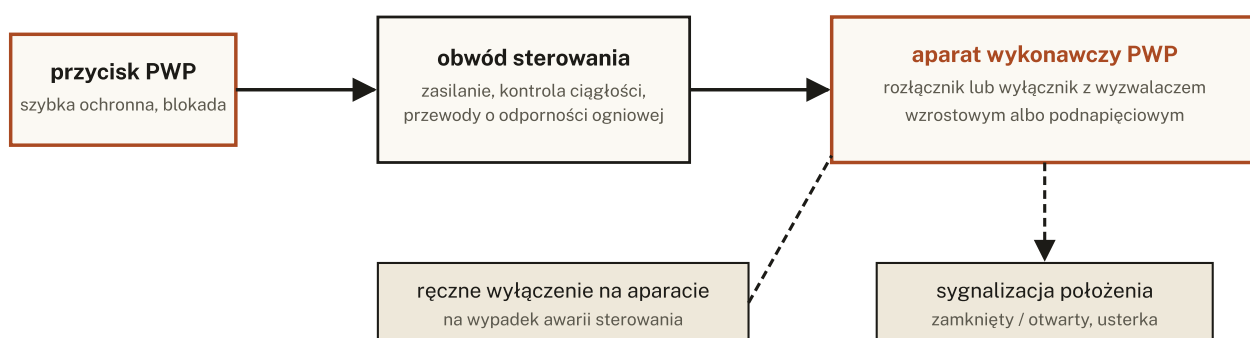
Zasilacze UPS

W literaturze branżowej opisano, że po zadziałaniu PWP zasilacz UPS może nadal podawać napięcie na obwody wydzielonej instalacji, a w razie usterki układu zabezpieczającego przed napięciem wstecznym także cofać je do instalacji. UPS ma zwykle własny wyłącznik awaryjny (EPO), który może pełnić funkcję wyłącznika dla zasilacza i zasilanych z niego obwodów, o ile jest dobrze zaprojektowany. Jeżeli w budynku jest zasilacz, trzeba w projekcie PWP jasno ustalić, czy i jak zostanie odłączony. Wszystko, co dotyczy baterii (UPS, magazyn), należy traktować podobnie: energia w nich pozostaje także po odłączeniu od sieci.

9. Budowa i sterowanie PWP: aparat, przycisk, wyzwalacze

Poniższe zasady wynikają z praktyki projektowej i publikacji branżowych. Dobór rozwiązania należy do projektanta i bywa przedmiotem uzgodnień z rzeczoznawcą.

Sterowanie PWP: układ blokowy



Wyzwalacz wzrostowy: aparat otwiera się po podaniu napięcia na cewkę.

Podnapięciowy: aparat otwiera się po zaniku napięcia.

Wybór wpływa na pewność zadziałania w pożarze i na ryzyko niezamierzonych wyłączeń.

Układ blokowy sterowania PWP: przycisk, obwód sterowania z kontrolą ciągłości, aparat wykonawczy, sygnalizacja położenia i możliwość ręcznego wyłączenia.

Aparat wykonawczy

Aparat musi wytrzymać warunki w miejscu zabudowy: ciągły prąd obciążenia, prąd zwarciový (załączanie, wyłączanie, wytrzymałość cieplna i dynamiczna) oraz uwzględniać układ zasilania budynku. W praktyce preferuje się **rozłączniki**. Gdy zastosowano wyłącznik, trzeba sprawdzić jego współpracę (selektywność) z zabezpieczeniami za nim, by w czasie pożaru nie doszło do niezamierzonego wyłączenia innych obwodów. Aparat wymaga możliwości ręcznego wyłączenia na wypadek awarii sterowania, a jego zabudowa powinna być bezpieczna dla obsługi.

Wyzwalacz wzrostowy czy podnapięciowy

Aparat może być wyzwany na dwa sposoby, a zdania o tym, który jest lepszy, są w środowisku podzielone:

- **Wyzwalacz wzrostowy (WW)** otwiera aparat po podaniu napięcia na cewkę. Jego zaletą jest niezależność od jakości zasilania sieciowego: krótkie zapady i przerwy nie wyłączają budynku bez potrzeby. Wadą jest ryzyko, że przy uszkodzeniu obwodu sterowania (przerwa) aparat nie zadziała, jeśli sterowanie nie ma kontroli ciągłości.
- **Wyzwalacz podnapięciowy (WP)** otwiera aparat po zaniku napięcia sterującego. Zaletą jest większa pewność, że uszkodzenie obwodu sterowania doprowadzi do wyłączenia. Wadą jest ryzyko niezamierzonych wyłączeń przy zapadach napięcia, awarii zasilacza lub jakości sieci, co dla użytkowników budynku bywa uciążliwe i kosztowne.

Częstym kompromisem jest cewka wzrostowa z kontrolą ciągłości obwodu sterowania i sygnalizacją usterki, tak aby przerwa w obwodzie była widoczna dla użytkownika, zanim zrobi się pożar. Wybór trzeba opisać w projekcie wraz z uzasadnieniem i uzgodnić z rzeczoznawcą.

Przycisk

Przycisk uruchamiający ma być łatwy do rozpoznania i obsługi, zabezpieczony przed przypadkowym użyciem (np. szybką ochronną), a po zadziałaniu blokować się w pozycji „wyłączone”. Zasady dla

wyłączania awaryjnego w normach instalacyjnych mówią o tym samym: element sterowania ma być łatwo identyfikowalny (zalecany czerwony kolor na kontrastującym tle), łatwo dostępny, blokowany w pozycji wyłączonej, a jego zadziałanie nie powinno prowadzić do samoczynnego przywrócenia zasilania.

Zasilanie obwodu sterowania

Sterowanie PWP ma pozostać sprawne w warunkach pożaru, więc stosuje się przewody o odpowiedniej odporności ogniowej, a przy zasilaczach pomocniczych (UZS, UPS) trzeba pamiętać, że każdy dodatkowy element zasilania jest pojedynczym punktem awarii. Przy niskich napięciach sterujących trudniej uzyskać wymagany prąd uruchomienia cewki na długich przewodach, a rezystancja przewodów rośnie w pożarze. Dlatego projekt sprawdza spadek napięcia i długości tras sterowania w warunkach pożarowych.

Miejsce aparatu

Rozdzielnice elektryczne wydziela się w budynku osobnymi strefami pożarowymi, więc w praktyce aparat wykonawczy PWP umieszcza się w pomieszczeniu rozdzielnic, a przyciski w miejscach wskazanych dla straży (następny rozdział). Dzięki temu uszkodzenie aparatu przez pożar jest mało prawdopodobne, a obsługa ręczna w razie awarii sterowania jest bezpieczna.

10. Lokalizacja, oznakowanie i dostęp dla straży

Co mówią przepisy

Przepis WT wymaga umieszczenia PWP w pobliżu głównego wejścia do obiektu lub złącza i odpowiedniego oznakowania. Konkretna lokalizacja aparatu i przycisków wynika z projektu i uzgodnień z rzeczoznawcą do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych lub z właściwą komendą Państwowej Straży Pożarnej.

Co podpowiadają normy instalacyjne

Załącznik informacyjny do PN-HD 60364-5-53 opisuje wyłącznik pożarowy dla instalacji oświetleniowych o podwyższonym napięciu, ale zawarte w nim zalecenia warto znać, bo dotyczą tych samych kwestii co PWP:

- wyłącznik na zewnątrz budynku, blisko wyposażenia, które steruje, albo informacja o jego położeniu przy tym wyposażeniu;
- wyłącznik wewnętrzny przy głównym wejściu albo w miejscu uzgodnionym z lokalnym oddziałem straży pożarnej;
- wyłącznik w widocznym miejscu, dostępnym dla strażaków, na wysokości, do której można sięgnąć z poziomu podłoża;
- wyraźne oznakowanie, z którego wynika, jaką instalację lub jej część wyłącznik steruje;
- zgodność urządzenia z normami wyrobu dla aparatów łączeniowych.

Zasady praktyczne

- **Jeden punkt dla straży.** Strażak, który przyjechał do budynku, nie powinien się zastanawiać, który z kilku przycisków odcina co. Gdy przycisków jest kilka, wszystkie powinny działać tak samo albo być wyraźnie opisane.
- **Przycisk blisko wejścia dla ratowników** i od strony, z której straż zwykle zaczyna działania. Przy dużych obiektach zasadne bywa kilka przycisków uzgodnionych ze strażą.
- **Oznakowanie** zgodne z przyjętym w obiekcie znakiem bezpieczeństwa, trwałe, odporne na warunki zewnętrzne i widoczne także przy słabym oświetleniu.
- **Opis, co zostaje zasilone.** Przy PWP albo w dokumentacji dla straży warto umieścić informację, które obwody pozostają pod napięciem po zadziałaniu.
- **Dla instalacji PV:** osobna informacja, że dach i przewody DC pozostają pod napięciem. Powinna być widoczna przy PWP, przy złączu i w dokumentacji dla straży.
- **Dostęp.** Przycisk i aparat nie mogą być zasłonięte, zamknięte na klucz niedostępny dla straży ani zagracone.

11. Certyfikat czy dopuszczenie jednostkowe i uzgodnienia

Ten temat jest częstym źródłem sporów między projektantami, rzeczoznawcami i wykonawcami, więc opisuję go bez rozstrzygania, a z podaniem podstaw.

Krajowa ocena wyrobów budowlanych

Rozporządzenie w sprawie sposobu deklarowania właściwości użytkowych wyrobów budowlanych i znakowania ich znakiem budowlanym (2016 r.) objęło elementy PWP krajową oceną stałości właściwości użytkowych. Obowiązek stosowano etapami i w literaturze branżowej wskazuje się 2021 r. jako początek obowiązywania w odniesieniu do urządzeń uruchamiających (przycisków). Certyfikaty wydaje m.in. CNBOP-PIB. Według wykazu na stronie CNBOP-PIB certyfikaty obejmują urządzenia uruchamiające, urządzenia uruchamiająco-sygnalizujące oraz zestawy z aparatami wykonawczymi, a liczba certyfikowanych zestawów rośnie z roku na rok (pierwszy certyfikat na zestaw wydano w 2022 r.).

Dopuszczenie jednostkowe

Ustawa o wyrobach budowlanych dopuszcza do jednostkowego zastosowania w obiekcie wyroby wykonane według indywidualnej dokumentacji technicznej, sporządzonej przez projektanta obiektu lub z nim uzgodnionej, dla których producent (prefabrykator) wydał oświadczenie o zgodności z dokumentacją i przepisami. Oświadczenie zawiera m.in. identyfikację dokumentacji, nazwę wyrobu i adres obiektu. Z tej drogi korzysta się, gdy zestaw PWP nie ma certyfikatu albo gdy projekt wymaga rozwiązania indywidualnego.

Zwolennicy tego rozwiązania wskazują, że nie ma normy zharmonizowanej dla PWP jako zestawu, więc obie drogi (certyfikat i dopuszczenie jednostkowe) są równorzędne. W praktyce rzeczoznawcy i organy mają czasem inne oczekiwania, dlatego sposób potwierdzenia wyrobu warto ustalić na etapie uzgodnień projektu, a nie przy odbiorze.

Co bez względu na drogę trzeba mieć w projekcie

- parametry aparatu: prąd znamionowy, wytrzymałość zwarciova, dobór do warunków zwarciovych w miejscu zabudowy;
- sposób sterowania, zasilanie obwodu sterowania i kontrola ciągłości;
- współpraca z zabezpieczeniami za PWP (selektywność), z układem źródeł (SZR, agregat, UPS) i z instalacją PV;
- wymagania ochrony przeciwporażeniowej;
- lokalizację przycisków i aparatu;
- sposób sygnalizacji położenia i kontrolę stanu.

Uzgodnienie z rzeczoznawcą

Ponieważ rozporządzenie MSWiA zalicza PWP do urządzeń przeciwpożarowych, wykonuje się go według projektu uzgodnionego przez rzeczoznawcę do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych (§3 ust. 1), a warunkiem dopuszczenia do użytkowania jest przeprowadzenie prób i badań potwierdzających prawidłowe działanie. Uzgodnienie nie zdejmuje z projektanta odpowiedzialności za przyjęte rozwiązania: odpowiada on za zgodność projektu z przepisami także wtedy, gdy rzeczoznawca projekt uzgodnił.

12. PWP, wyłącznik główny, wyłączanie awaryjne i odłączanie izolacyjne

W instalacjach elektrycznych funkcjonuje kilka podobnych pojęć, które często się mylą. Poniższa tabela porządkuje je w sposób poglądowy. Definicje formalne zawierają normy i przepisy.

Urządzenie	Do czego służy	Kto obsługuje	Uwagi
Przeciwpożarowy wyłącznik prądu (PWP)	Odcina zasilanie budynku w czasie pożaru z pozostawieniem obwodów niezbędnych w pożarze.	Straż pożarna, ewentualnie obsługa obiektu.	Wymagany przez WT w określonych strefach. Wymaga uzgodnień i próby.
Wyłącznik główny (rozłącznik główny)	Odłącza instalację od zasilania w normalnej eksploatacji, np. do prac serwisowych.	Użytkownik, elektryk.	Nie jest PWP. Zwykle nie odcina rozdziału na obwody pożarowe.
Wyłączanie awaryjne	Odcina zasilanie, gdy występuje zagrożenie porażenia lub inne zagrożenie elektryczne.	Każda osoba w pobliżu.	Przycisk łatwo dostępny, wyraźnie oznaczony, blokowany w pozycji wyłączzonej.
Odłączanie izolacyjne	Zapewnia bezpieczną przerwę izolacyjną na czas pracy, z zabezpieczeniem przed niezamierzonym załączeniem.	Elektryk, serwis.	Urządzenie izolacyjne ma być zabezpieczone przed przypadkowym zamknięciem i oznaczone.
Łączenie funkcjonalne	Załącza i wyłącza obwód w normalnej pracy.	Użytkownik.	Nie spełnia samo funkcji izolacyjnej, jeśli norma wyrobu tego nie przewiduje.

Urządzenie	Do czego służy	Kto obsługuje	Uwagi
Rozłącznik DC przy falowniku	Odłącza falownik od generatora PV do serwisu i wymiany.	Serwis, instalator.	Nie usuwa napięcia z przewodów po stronie modułów. Nie jest PWP.
Szybkie wyłączenie (rapid shutdown)	Obniża napięcie w przewodach DC po wydaniu sygnału.	Automatycznie, od sygnału z przycisku lub z zaniku sieci.	Moduły dalej wytwarzają napięcie wewnątrz. Wymagane wyniki z przepisów lub projektu.
EPO zasilacza UPS	Zdalnie wyłącza zasilacz UPS i odłącza jego odbiory.	Obsługa, straż.	Może pełnić funkcję wyłącznika dla UPS. Energia w bateriach pozostaje.

Najważniejszy wniosek: żadne z urządzeń nie zastępuje pozostałych. PWP odcina zasilanie budynku, odłączanie izolacyjne zapewnia bezpieczeństwo prac, rozłącznik DC rozdziela falownik od generatora, a szybkie wyłączenie działa na przewody DC. Dla instalacji PV w obiekcie z PWP zwykle potrzebne są co najmniej trzy: PWP, rozłącznik DC i, jeśli tego wymagają przepisy lub projekt, rozwiązanie obniżające napięcie po stronie DC.

13. Sprawdzanie PWP przy odbiorze i w eksploatacji

PWP jest urządzeniem, które działa rzadko, ale musi zadziałać pewnie. Dlatego jego sprawdzanie ma być zaplanowane, a wynik udokumentowany. Poniżej zakres, który zwykle się stosuje, a który ostatecznie określa projekt i instrukcja urządzenia.

Odbiór (próba funkcjonalna)

- **Zgodność z projektem i dokumentami:** aparat, przyciski, schemat, dopuszczenie jednostkowe albo certyfikaty, oświadczenia prefabrykatora, uzgodnienie z rzeczoznawcą.
- **Zadziałanie z każdego przycisku** (po kolei), przy rzeczywistym obciążeniu lub w warunkach ustalonych w instrukcji próby.
- **Brak napięcia w obwodach odcinanych** po zadziałaniu: sprawdzenie, że za aparatem faktycznie nie ma napięcia (pomiar), także na wyjściu falownika, magazynu, UPS i innych źródeł.
- **Obwody niezbędne w pożarze pozostały zasilone** i działają: oświetlenie awaryjne, system sygnalizacji pożarowej, oddymianie, pompy.
- **Zachowanie falownika i magazynu:** odłączenie od instalacji budynku, czas, po którym falownik wraca do pracy po powrocie napięcia (jest on ustawiany zgodnie z wymaganiami operatora sieci), oraz brak niezamierzonego ponownego załączenia, jeśli tak założono w projekcie, a także sygnał wyzwalający wyłącznik AC.
- **Agregat, SZR, UPS:** brak niezamierzonego załączenia źródła rezerwowego na odcinane odbiory.
- **Sygnalizacja:** poprawne pokazywanie położenia aparatu i usterki obwodu sterowania.
- **Ręczne wyłączenie** na aparacie, gdy sterowanie nie działa.
- **Ponowne załączenie** zgodnie z instrukcją, bez przypadkowego powrotu napięcia.

- **Oznakowanie** przycisków, aparatu i instalacji PV.

W eksploatacji

Przeglądy techniczne i czynności konserwacyjne wykonuje się zgodnie z Polskimi Normami dla urządzeń przeciwpożarowych, dokumentacją techniczno-ruchową i instrukcjami producentów, w okresach ustalonych przez producenta, nie rzadziej jednak niż raz w roku (§3 ust. 2 i 3 rozporządzenia MSWiA). Wynik zapisuje się w protokole. Warto uzupełnić je przy zmianach w instalacji (nowy falownik, magazyn energii, zmiana układu zasilania), bo każda taka zmiana może wpływać na działanie PWP.

Należy pamiętać, że próba, w której rzeczywiście odcina się zasilanie budynku, wymaga uzgodnienia z użytkownikiem i zabezpieczenia wrażliwych odbiorów (serwery, instalacje medyczne, chłodnie).

14. Typowe błędy przy projektowaniu i wykonaniu PWP

- **PWP odcina tylko część obwodów** albo nie obejmuje falownika i magazynu energii.
- **Falownik przyłączony przed aparatem wykonawczym**, bez dodatkowego odłączenia sygnałem z PWP.
- **Brak informacji, że dach i przewody DC pozostają pod napięciem** po zadziałaniu PWP, w oznakowaniu i dokumentacji dla straży.
- **Automatyka agregatu lub SZR** przełączająca zasilanie na odcinane odbiory po zadziałaniu PWP.
- **Zasilacz UPS lub magazyn bez odłączenia**, który podtrzymuje napięcie w odcinanej części instalacji.
- **Obwód sterowania bez kontroli ciągłości** albo prowadzony przewodami bez odpowiedniej odporności ogniowej i o zbyt dużej długości.
- **Cewka podnapięciowa przy niskiej jakości zasilania**, co prowadzi do niezamierzonych wyłączeń i w praktyce do wymiany cewki.
- **Wyłącznik jako aparat wykonawczy** bez sprawdzenia selektywności z zabezpieczeniami za nim.
- **Przycisk poza zasięgiem straży** lub oznakowany tak, że nie wiadomo, co odcina.
- **Brak próby funkcjonalnej przy odbiorze** i brak protokołu, a następnie brak przeglądów.
- **Niejasny status dokumentów wyrobu**: brak dopuszczenia jednostkowego i brak certyfikatu.
- **Zmiany w instalacji po odbiorze** (dodanie falownika, magazynu) bez weryfikacji współpracy z PWP.

15. Strona DC: odłączanie izolacyjne i rozłączanie

Odłączanie izolacyjne po stronie DC nie jest dodatkiem, tylko podstawowym elementem instalacji PV. Norma instalacyjna wymaga, by dało się odłączyć falownik zarówno od strony DC, jak i od strony AC, żeby umożliwić jego konserwację i wymianę. Poniżej zasady wynikające z norm, opisane bez przepisywania wartości.

Co norma wymaga od odłącznika DC

- **Rozłącznik lub wyłącznik po stronie DC falownika**, który zapewnia odłączenie izolacyjne falownika od generatora PV.
- **Dobór do prądu stałego.** Urządzenie przeznaczone do prądu przemiennego nie nadaje się do rozłączania prądu stałego, bo łuk prądu stałego się nie gaśnie. Rozłącznik musi mieć parametry dla napięcia i prądu generatora, także przy zimnych warunkach, kiedy napięcie jest najwyższe.
- **Odłączenie wszystkich biegunów.** Odłączenie izolacyjne obejmuje wszystkie bieguny czynne.
- **Brak elementów półprzewodnikowych jako urządzenia izolacyjnego.** Do odłączenia izolacyjnego nie stosuje się urządzeń półprzewodnikowych.
- **Zabezpieczenie przed niezamierzonym zamknięciem.** Urządzenia do odłączania izolacyjnego powinny dać się zabezpieczyć przed niechcianym lub niezamierzonym załączeniem: umieszczone w zamkniętej obudowie, zamykane na kłódkę lub w inny sposób zablokowane.
- **Zabezpieczenie przed otwarciem pod obciążeniem.** Urządzenie, które nie ma zdolności wyłączeniowej, a mogłoby być użyte do przerywania obwodu DC (np. wkładka bezpiecznikowa lub zestaw ogranicznika przepięć), należy zabezpieczyć przed nieumyślnym lub nieuprawnionym otwarciem, np. zamkniętą obudową lub blokadą.
- **Łatwa identyfikacja.** Położenie lub trwałe oznakowanie urządzenia wskazuje, którą część instalacji odłącza.
- **Zgodność z falownikiem.** Przy doborze uwzględnia się dane producenta falownika, w tym zalecenia dotyczące kolejności i sposobu odłączania.

Strona AC falownika

Po stronie AC do odłączenia izolacyjnego służy wyłącznik lub rozłącznik w rozdzielnicy, z zapewnieniem, że falownik nie będzie ponownie zasilany z sieci w trakcie prac. Gdy w budynku są dwa źródła (sieć i generator), na tablicy lub przy rozdzielnicy umieszcza się ostrzeżenie o konieczności odizolowania wszystkich źródeł przed dostępem do części czynnych.

Odłączenie falownika a napięcie na przewodach

Odłączenie falownika rozłącznikiem DC **nie usuwa napięcia z przewodów od modułów do rozłącznika** ani z samych modułów. Dlatego przed pracami przy modułach i przewodach DC trzeba zasłonić moduły, odłączyć złącza w kolejności określonej w instrukcji i stosować środki ochrony dla pracy pod napięciem. Zwykła „dwuczęściowa” izolacja nie wystarcza do pracy przy generatorze.

Funkcjonalne połączenia po stronie DC

Jeśli falownik wymaga funkcjonalnego uziemienia jednego z biegunów DC, norma dopuszcza to tylko wtedy, gdy między stroną AC i DC jest separacja galwaniczna (transformator z oddzielnymi uzwojeniami). Połączenie wykonuje się w jednym punkcie po stronie DC falownika, między urządzeniem odłączającym a zaciskami DC falownika, i łączy szeregowo z automatycznym urządzeniem wyłączającym o parametrach dobranych do mocy generatora. Przewód funkcjonalny ma odpowiedni przekrój.

16. Strona DC: szybkie wyłączanie i dostęp dla straży

Szybkie wyłączanie (rapid shutdown) to rozwiązania, które po sygnale obniżają napięcie w przewodach stałoprądowych do bezpiecznego poziomu. Działają na poziomie modułów, stringów lub przy wejściu do budynku.

Co szybkie wyłączanie daje, a czego nie

- **Daje:** obniżenie napięcia w przewodach DC prowadzonych przez budynek i po dachu, co zmniejsza ryzyko porażenia dla ratowników i ryzyko podtrzymywania łuku w przewodach.
- **Nie daje:** usunięcia napięcia wewnątrz samych modułów. Moduł oświetlony nadal wytwarza napięcie na swoich zaciskach, więc praca przy nim wymaga zachowania zasad bezpiecznej pracy przy PV. Rozwiązania systemowe różnią się także poziomem napięcia, do którego obniżają stan, i czasem działania.

Optymalizatory mocy i mikrofalowniki

Dwie popularne technologie przenoszą część elektroniki na poziom modułu i dlatego inaczej wyglądają z punktu widzenia strony DC.

- **Optymalizatory mocy** (montowane przy każdym module, np. w systemach SolarEdge) mają funkcję bezpiecznego obniżania napięcia. Po odłączeniu falownika od sieci, np. po zadziałaniu PWP, każdy optymalizator obniża napięcie na swoim wyjściu do bardzo niskiej wartości, według producentów rzędu 1 V. Napięcie w przewodach stringu jest wtedy sumą tych małych wartości (przy kilkunastu modułach to kilkanaście woltów, a nie kilkaset), co zasadniczo zmienia sytuację ratownika. Czas działania, osiągany poziom napięcia i warunki uruchomienia zależą od modelu i od wersji urządzeń, więc trzeba je sprawdzić w dokumentacji producenta. Nie każdy optymalizator ma taką funkcję.
- **Mikrofalowniki** (np. Enphase, Hoymiles) zamieniają prąd stały na przemienny bezpośrednio pod modułem. Przewody DC są krótkie i leżą pod panelem, a trasy kablowe na dachu i w budynku są obwodami AC. Po zadziałaniu PWP albo wyłącznika obwodu w rozdzielnicy mikrofalowniki tracą sieć i zatrzymują pracę, więc z tras kablowych znika napięcie, a problem długich obwodów pod wysokim napięciem stałym nie występuje. Napięcie stałe pozostaje wyłącznie w module i w krótkich przewodach przyłączeniowych.

W obu przypadkach moduły nadal wytwarzają energię, a oznakowanie budynku i dokumentacja dla straży pozostają potrzebne. To, czy dane rozwiązanie spełnia wymaganie dotyczące odłączania dla służb ratowniczych, rozstrzyga projekt i obowiązujące przepisy, a nie sama nazwa technologii.

Jak je uruchamiać

Typowe sposoby sterowania to sygnał z przycisku (np. z PWP albo z osobnego wyłącznika dla straży) i zanik napięcia sieci. Zdalne sterowanie urządzeniami do odłączania w skrzynce połączeniowej jest dopuszczone w normie instalacyjnej jako sposób odłączania obwodów w określonych warunkach uszkodzeniowych. Układ powinien działać przy utracie zasilania sterowania, czyli bezpiecznie w kierunku obniżenia napięcia.

Skąd wymaganie

Norma instalacyjna PN-HD 60364-7-712 wymaga odłączania izolacyjnego opisanego w poprzednim rozdziale, ale nie jest przepisem budowlanym, który kazałby obniżać napięcie na całej stronie DC po wydaniu sygnału. Takie wymaganie pojawia się natomiast w projekcie nowych warunków technicznych jako wyłącznik dla służb ratowniczych oraz w wymaganiach niektórych ubezpieczycieli i rzeczoznawców. Dopóki nie obowiązuje jako przepis, wynika z projektu i uzgodnień.

Wyłącznik PV dla straży a PWP

Wyłącznik dla służb ratowniczych po stronie DC (jeśli jest przewidziany) jest funkcjonalnie inny niż PWP. PWP odcina AC, a ten wyłącznik działa na DC. W praktyce przyciski mogą być zlokalizowane razem, przy wejściu do budynku, z jednym opisem dla straży. Ważne, aby kolejność działań i ich skutek były jasno opisane i udokumentowane. Projekt powinien przesądzić, czy jedno działanie odcina oba rodzaje obwodów, czy wymagają oddzielnych czynności.

17. Strona DC: łuk, izolacja, nadprądowe, uziemienie

Wykrywanie łuku elektrycznego

Urządzenia do wykrywania łuku (AFDD po stronie DC, wbudowane w falownik lub zewnętrzne) rozpoznają charakterystyczny sygnał wadliwego połączenia i wyłączają obwód, zanim dojdzie do pożaru. Wymagania i badania takich urządzeń opisują odrębne normy (m.in. seria IEC 63027). W części falowników funkcja jest wbudowana; przy wyborze falownika warto zapytać o jej dostępność, sposób testowania i zakres (czy obejmuje wszystkie wejścia).

Monitorowanie izolacji

Urządzenie do monitorowania stanu izolacji (IMD) jest wymagane w instalacji PV w układach, w których tego wymaga norma instalacyjna, i wykrywa spadek rezystancji izolacji do ziemi, zanim usterka stanie się niebezpieczna. Dobiera się je według normy dla urządzeń do kontroli izolacji. Gdy funkcja jest wbudowana w falownik, jej parametry powinny odpowiadać odpowiednim normom dla falowników. W dużych instalacjach (generator o dużej mocy) zaleca się dodatkowo system lokalizacji uszkodzeń izolacji, który wskazuje miejsce usterki, a nie tylko jej istnienie.

Zabezpieczenia nadprądowe po stronie DC

Obwody generatora wymagają ochrony przed prądem wstecznym i przetężeniem. W instalacji z wieloma stringami połączonymi równolegle prąd z sąsiednich stringów może płynąć w kierunku uszkodzonego, dlatego zależnie od liczby stringów stosuje się zabezpieczenia stringów. Urządzenia zabezpieczające muszą mieć odpowiednie napięcie znamionowe (nie niższe niż napięcie generatora w stanie jałowym) i być przeznaczone do pracy w obwodach PV, np. wkładki typu gPV. Zdolność wyłączania i prąd znamionowy dobiera się do prądu zwarciovego generatora, w tym z uwzględnieniem niekorzystnych warunków pracy.

Uziemienie i połączenia wyrównawcze

Konstrukcje wsporcze i ramy modułów łączy się z szyną wyrównawczą, jeśli takie połączenie jest wymagane. Przewód wyrównawczy łączy się z dowolnym zaciskiem uziemiającym, a w konstrukcjach

aluminiowych stosuje się złącza zapewniające dobry styk wszystkich części metalowych. Połączenie ogranicza skutki wyładowań elektrostatycznych i poprawia bezpieczeństwo przy uszkodzeniu izolacji. Przewody uziemiające i wyrównawcze układa się równolegle do przewodów DC i AC, aby ograniczyć powierzchnię pętli indukcyjnej.

Przewody i złącza do PV

Przewody przeznaczone do PV (odporne na UV, temperaturę, wilgoć i uszkodzenia mechaniczne, zgodne z wymaganiami norm) oraz złącza jednego producenta, zaciskane narzędziem przewidzianym przez producenta, to podstawa. Układanie przewodów po stronie DC zaplanowane tak, by ograniczyć ryzyko uszkodzenia izolacji i zwarć doziemnych, jest równie ważne jak dobór samych urządzeń.

18. Prowadzenie przewodów DC i miejsce falownika

Ryzyko pożaru zmniejsza się, gdy przewody stałoprądowe są prowadzone możliwie krótko i na zewnątrz budynku. Tam, gdzie muszą przejść przez wnętrze, stosuje się osłony niepalne i przejścia przez przegrody zabezpieczone tak, żeby nie obniżały odporności ogniowej. W dachach i ścianach z materiałów palnych nie prowadzi się przewodów DC bezpośrednio po palnym podłożu. Przewody dodatni i ujemny jednego obwodu układa się blisko siebie, żeby ograniczyć pętlę indukcyjną.

Dotyczy to całej trasy, także miejsc, w których przewody omijają przeszkody na dachu. Przewody „+” i „-” prowadzi się w ścisłej wiązce na całej długości i nie obiega się nimi kominów, okien połaciowych ani wyłazów szerokim łukiem. Taki obwód tworzy pętlę o dużej powierzchni, która działa jak antena: wyładowanie piorunowe w pobliżu indukuje w niej przepięcie tym większe, im większa powierzchnia pętli. Ograniczniki przepięć zmniejszają ten skutek, ale nie usuwają go całkowicie, a duże przepięcie w rozległej pętli może przekroczyć wytrzymałość falownika mimo poprawnie dobranego ogranicznika. Zasada dotyczy też pętli między przewodami DC a przewodem wyrównawczym i między sąsiednimi stringami, dlatego trasę przewodów planuje się razem z układem połączeń wyrównawczych.

Falownik montuje się w miejscu o dobrej wentylacji, z dala od materiałów łatwo palnych, w pomieszczeniu technicznym lub na zewnątrz, zgodnie z instrukcją producenta. Nie umieszcza się go w pomieszczeniach mieszkalnych ani w miejscach, w których blokowałby drogę ewakuacji. Zapewnia się dostęp do rozłącznika i wskaźników oraz dobre odprowadzanie ciepła. Urządzenia zewnętrzne mają stopień ochrony obudowy odpowiedni do warunków. Projekt nowych warunków technicznych zakłada też autonomiczną czujkę dymu w takim pomieszczeniu. Nawet jeśli nie jest to jeszcze wymagane, warto ją zastosować.

19. Rozmieszczenie na dachu, dostęp dla straży i oznakowanie

Rozmieszczenie modułów wpływa zarówno na bezpieczeństwo pożarowe, jak i na skuteczność akcji ratowniczej. W praktyce i w projektach przepisów pojawiają się zasady takie jak:

- podział instalacji na mniejsze sektory z wolnymi pasami, które ułatwiają dostęp i ograniczają rozprzestrzenianie ognia po dachu;
- zachowanie odstępów od ścian oddzielenia przeciwpożarowego, świetlików i klap dymowych;

- unikanie montażu nad drogami ewakuacyjnymi i w miejscach, gdzie moduły mogłyby spaść na ratowników;
- montaż na elewacji tylko w ograniczonym zakresie wysokości i z odstępami od otworów, które nie mają zamknięć ogniowych.

Konkretne odległości i wielkości zależą od rodzaju budynku, jego klasy odporności ogniowej i pokrycia dachu, więc ustala je projekt zgodnie z przepisami i, w razie potrzeby, z rzeczoznawcą ds. zabezpieczeń przeciwpożarowych.

Oznakowanie

Budynek z instalacją PV oznacza się tak, żeby ratownicy od razu wiedzieli o obecności napięcia stałego na dachu. Norma instalacyjna wymaga oznakowania budynku informującego o instalacji PV oraz tabliczek w punktach, w których po stronie DC można odłączać przewody lub urządzenia. Oznakowanie umieszcza się przy wejściu, przy złączu, przy rozdzielnicy, przy falowniku, przy wyłączniku i przy rozłączniku DC. Przy sporządzaniu dokumentacji dla straży przydaje się plan dachu z zaznaczonymi modułami, trasą przewodów i miejscami rozłączników.

20. Fotowoltaika a ochrona odgromowa

Instalacja PV nie przyciąga piorunów bardziej niż dach, na którym leży. Wpływa jednak na ochronę odgromową na trzy sposoby:

- zmienia **ryzyko**, bo dodaje przewodzące elementy na dachu, rozległe pętle przewodów i drogie wyposażenie, a więc zwiększa potencjalne straty przy przepięciu;
- wpływa na **rozmieszczenie zwodów**, bo moduły i konstrukcja muszą znaleźć się w strefie osłoniętej, a zwody nie powinny ich zacieniać;
- wymaga **uwzględnienia odstępów izolacyjnych** od instalacji odgromowej albo jej połączenia z konstrukcją.

Przy nowej instalacji PV na budynku, który ma lub powinien mieć ochronę odgromową, warto zaktualizować analizę ryzyka według serii PN-EN 62305 w wydaniu z 2025 r. i dostosować projekt zwodów. Podstawy i zmiany w nowej serii opisuję w poradniku o ochronie odgromowej budynku.

21. Odstępy izolacyjne od zwodów i połączenie konstrukcji PV z LPS

Gdy budynek ma zewnętrzną instalację odgromową, są dwa podstawowe rozwiązania:

1. **Odstęp izolacyjny zachowany.** Moduły i konstrukcja wsporcza są odsunięte od zwodów i przewodów odprowadzających na tyle, że nie dochodzi do przeskoku iskry między nimi. Ten odstęp oblicza się według części 3 serii PN-EN 62305 (w wydaniu z 2025 r. są dwie metody: ogólna i uproszczona). Moduły i konstrukcję łączy się z szyną wyrównawczą budynku przewodem o odpowiednim przekroju.
2. **Odstępu nie da się zachować.** Konstrukcję wsporczą łączy się z instalacją odgromową przewodem. Wtedy część prądu piorunowego może płynąć w instalacji PV, więc ograniczniki

przebieg po stronie DC i AC muszą być przystosowane do prądów piorunowych (typu 1 lub równoważne według producenta). Norma instalacyjna wskazuje, że ograniczniki klasy I stosuje się, gdy odstępu nie można zachować, a dobór prądu udarowego opiera się na obliczeniach według norm odgromowych. Załącznik F części 4 podaje uproszczone wartości prądów dla takich przypadków.

Wybór rozwiązania zapisuje się w projekcie. Oba mają skutki: odstępy wymagają miejsca i mogą ograniczać liczbę modułów, a połączenie wymaga droższych ograniczników i starannego uziemienia. Ważne, żeby zwody nie rzucały cienia na moduły, bo powoduje to straty uzysku i gorące punkty.

Moduły i konstrukcja, które znajdują się na dachu bez ochrony odgromowej, nie wymagają odstępów, ale nadal wymagają połączeń wyrównawczych i ochrony przepięciowej.

22. Ograniczniki przepięć po stronie DC

Ograniczniki DC chronią falownik i moduły przed przepięciami przenoszonymi przewodami prądu stałego. Przy ich doborze zwraca się uwagę na:

- **napięcie pracy:** ogranicznik musi być przystosowany do maksymalnego napięcia generatora, także w najzimniejszych warunkach, gdy napięcie modułów rośnie. Zbyt niskie napięcie pracy prowadzi do przegrzewania i uszkodzenia ogranicznika. W praktyce przyjmuje się, że największe ciągłe napięcie pracy ogranicznika (U_{CPV}) powinno być wyższe od napięcia obwodu otwartego stringu w warunkach STC (U_{OC}) z zapasem rzędu 20%, który uwzględnia zimne, słoneczne poranki, gdy napięcie modułów jest największe. Dokładniej oblicza się napięcie obwodu otwartego dla najniższej temperatury pracy ze współczynnika temperaturowego modułu. Ogranicznik dobrany „na styk” może się przegrzewać i ulegać uszkodzeniu zimą. To reguła projektowa, a nie wartość z normy. Zbliżone założenie widać w PN-EN 61643-31: w próbach uszkodzeń napięcie badania jest dzielone przez współczynnik 1,2 względem U_{CPV} , co ma odpowiadać normalnym warunkom pracy generatora. Zasady doboru są natomiast w CLC/TS 51643-32, więc ostatecznie obowiązują ta specyfikacja i dane producenta ogranicznika;
- **rodzaj ogranicznika:** wymagania dla ograniczników do instalacji fotowoltaicznych opisuje obecnie PN-EN 61643-31 (norma instalacyjna w wydaniu z 2016 r. powołuje jeszcze starszą serię EN 50539), a zasady doboru specyfikacja CLC/TS 51643-32. Ograniczniki według PN-EN 61643-31 są przeznaczone wyłącznie do strony DC generatorów PV i falowników, do napięć stałych do 1500 V; nie dotyczy ona ograniczników do układów z magazynem energii ani ograniczników po stronie AC. Zwykłe ograniczniki sieciowe nie nadają się do prądu stałego;
- **prąd zwarciový:** dobiera się go do największego prądu zwarcia generatora, a ograniczników o nieznanym parametrze zwarciovým nie stosuje się;
- **miejsce montażu:** możliwie blisko falownika, a przy dłuższych przewodach między generatorem a falownikiem także po stronie generatora, zgodnie z zaleceniami producenta i projektu. Dłuższy odcinek powoduje, że napięcie przepięcia może rosnać na skutek zjawisk rezonansowych, więc dodatkowe ograniczniki są uzasadnione;
- **tryb uszkodzenia:** norma opisuje ograniczniki, które po uszkodzeniu przechodzą w stan rozwarcia, i takie, które przechodzą w stan zwarcia, a producent deklaruje, który to przypadek. Ma to

znaczenie dla zabezpieczenia ogranicznika i dla tego, co zostaje po jego uszkodzeniu;

- **odłącznik zewnętrzny:** jeśli wymaga tego producent, ogranicznik wyposaża się w zewnętrzne urządzenie wyłączające, zaprojektowane tak, by odłączało ogranicznik po uszkodzeniu i nie wyłączało wytwarzania w modułach niezależnie od ogranicznika. Taki odłącznik jest jednym z elementów, które trzeba zabezpieczyć przed otwarciem pod obciążeniem;
- **połączenie z szyną wyrównawczą:** krótkie przewody i właściwe uziemienie decydują o skuteczności, bo długie połączenia zmniejszają ochronę. Przekroje przewodów łączących norma określa osobno dla ograniczników klasy I i II;
- **liczba wejść MPPT:** każdy obwód generatora, który wchodzi do falownika, powinien być chroniony;
- **wskaźnik stanu:** ogranicznik zużywa się przy zadziałaniach, więc potrzebna jest możliwość sprawdzenia jego stanu i wymiany.

Wiele falowników ma wbudowane ograniczniki, ale nie zawsze są one dostatecznie wytrzymałe lub zabezpieczają odpowiednio generator. Dobry projekt określa, czy dodatkowe ograniczniki są potrzebne.

23. Ograniczniki przepięć po stronie AC i na liniach sygnałowych

Po stronie przemiennej ogranicznik montuje się w rozdzielnicy, do której podłączony jest falownik, a w budynku z zewnętrzną instalacją odgromową lub napowietrzną linią zasilającą także na wejściu zasilania. Gdy falownik znajduje się daleko od miejsca wejścia instalacji, dodatkowy ogranicznik montuje się w pobliżu falownika, bo w długim przewodzie przepięcie może się wzmacniać. Dobór zależy od układu sieci (TN-C, TN-S, TT), napięcia i sposobu połączenia, o czym mówi rozdział o ogranicznikach w poradniku o ochronie odgromowej oraz norma o aparaturze rozdzielczej (część 5-53).

Gdy ograniczniki znajdują się w oddzielnych rozdzielnicach po stronie AC i DC, zaleca się, by odległość między nimi była jak najmniejsza.

Instalacja PV ma też linie sygnałowe, które wchodzi do budynku: komunikację falownika (Ethernet, RS-485), liczniki, systemy monitoringu i antenę. Przepięcie na takiej linii może uszkodzić falownik, mimo że zasilanie jest chronione, dlatego te linie zabezpiecza się osobnymi ogranicznikami dostosowanymi do rodzaju sygnału.

Uziemienie i połączenia wyrównawcze

Konstrukcję wsporczą, ramy modułów i obudowy urządzeń łączy się z szyną wyrównawczą budynku. Poprawia to bezpieczeństwo przy uszkodzeniu izolacji i zmniejsza napięcia indukowane. Przewody łączące prowadzi się równolegle do przewodów DC i AC, żeby ograniczyć powierzchnię pętli, w której mogą indukować się napięcia.

24. Magazyn energii: dodatkowe zagrożenia

Magazyny energii z akumulatorami litowymi dokładają kolejnych zagrożeń: zapłon i wydzielanie gazów przy uszkodzeniu ogniw, duże prądy zwarciovowe, napięcie, które nie znika po wyłączeniu falownika. Wymagania dotyczące lokalizacji, wentylacji, zabezpieczeń i oddzielenia pożarowego wynikają z norm wyrobu, instrukcji producenta i projektu. Ten poradnik nie opisuje ich szczegółowo.

W kontekście PWP i odłączania warto zapamiętać trzy rzeczy: magazyn jest źródłem, które nie wyłącza się razem z siecią, po odłączeniu od sieci nadal jest naładowany, a energia zgromadzona w akumulatorach pozostaje nawet po wyłączeniu falownika. Dlatego odłączanie magazynu od obwodów budynku powinno być objęte sygnałem z PWP, a samo miejsce zabudowy uzgodnione na etapie projektu, najlepiej z rzeczoznawcą ds. zabezpieczeń przeciwpożarowych, bo magazyn zmienia ocenę ryzyka pożarowego budynku.

25. Ubezpieczenie instalacji fotowoltaicznej

Warunki ubezpieczenia instalacji PV różnią się między ubezpieczycielami, więc przed montażem i po montażu sprawdź ogólne warunki ubezpieczenia (OWU) i odpowiedz na kilka pytań:

- **Czy instalacja jest objęta ubezpieczeniem budynku** jako jego stały element, czy wymaga osobnej polisy lub rozszerzenia? Czy dotyczy to także instalacji na gruncie i magazynu energii?
- **Jakie ryzyka obejmuje polisa:** pożar, uderzenie pioruna, przepięcie, kradzież, zalanie, grad, szkody od wiatru, awarię elektryczną. Zwróć uwagę, czy uszkodzenie falownika po przepięciu jest objęte.
- **Czy ubezpieczyciel stawia wymagania techniczne:** dokumentacja projektowa, protokoły z badań, uzgodnienia ppoż., ochrona przepięciowa, okresowe przeglądy, wykonawca z uprawnieniami, a czasem wyłącznik dla straży.
- **Czy trzeba zgłosić instalację** i jakie dokumenty dołączyć. Zmiany w obiekcie (dobudowa PV, magazyn energii) mogą wpływać na składkę i zakres ochrony.
- **Co po szkodzie:** zdjęcia, protokół z oględzin, dokumentacja z odbioru i przeglądów ułatwiają likwidację szkody.

Dokumentacja, którą warto mieć gotową: projekt, protokoły z pomiarów, deklaracje i karty katalogowe urządzeń, uzgodnienia, protokół próby PWP, zdjęcia elementów zakrytych i oznakowanie. Ułatwia to także rozmowę z ubezpieczycielem, gdy wystąpi szkoda.

Uwaga. Nie podaję konkretnych wymagań poszczególnych ubezpieczycieli, bo różnią się i zmieniają. Sprawdź je w swojej umowie lub zapytaj ubezpieczyciela na piśmie.

26. Odbiór, badania i przeglądy instalacji PV

Skuteczność wszystkich opisanych środków potwierdzają dokumentacja, oględziny i badania odbiorcze oraz późniejsze przeglądy. Zakres dla instalacji PV podłączonych do sieci opisuje PN-EN

62446-1 (Systemy fotowoltaiczne. Wymagania dotyczące badań, dokumentacji i utrzymania. Część 1: Systemy połączone do sieci. Dokumentacja, odbiory i nadzór). Norma odsyła do PN-HD 60364-6 dla ogólnych zasad sprawdzania instalacji i uzupełnia je o wymagania szczególne dla PV. Poniżej opisuję je własnymi słowami.

Dokumentacja, którą powinien dostać inwestor

- schemat jednokreskowy i opis instalacji (generator, przewody, aparatura, uziemienia i ograniczniki przepięć, połączenia z istniejącą instalacją odgromową);
- plan połączeń stringów, jeśli generator ma ich kilka (ułatwia szukanie usterek, zwłaszcza na dachu);
- karty katalogowe modułów i falowników oraz dokumentacja konstrukcji wsporczej;
- dokumentacja systemów związanych z bezpieczeństwem pożarowym, które współpracują z instalacją PV (np. sygnalizacja pożaru), z opisem działania i założeń projektowych;
- instrukcja eksploatacji i utrzymania: sposób sprawdzania poprawności pracy, postępowanie przy awarii, **procedury awaryjnego wyłączenia i odłączania**, zalecenia dotyczące czyszczenia i konserwacji, uwagi o przyszłych pracach na dachu, gwarancje;
- wyniki badań i dane z uruchomienia, w tym protokoły opisane niżej.

Oględziny przed badaniami

Oględziny poprzedzają badania i powinny odbyć się przed załączeniem instalacji. Gdy przewody będą niedostępne po zakończeniu montażu (np. pod pokryciem), ogląda się je w trakcie robót. Dla strony DC norma wymaga sprawdzenia m.in., że:

- generator zaprojektowano i wykonano zgodnie z wymaganiami norm, a największe napięcie generatora jest dopuszczalne dla miejsca montażu;
- moduły i wszystkie elementy DC są przystosowane do ciągłej pracy przy prądzie stałym i do największego możliwego napięcia i prądu, a przewody i konstrukcje wytrzymują warunki zewnętrzne (wiatr, oblodzenie, temperatura, promieniowanie UV);
- przewody stringów dobrano i ułożono tak, aby ograniczyć ryzyko zwarć doziemnych i międzybiegunowych (przewody z podwójną lub wzmocnioną izolacją);
- zastosowano środki przeciw skutkom uszkodzenia izolacji: separację galwaniczną w falowniku lub po stronie AC, określone uziemienie funkcjonalne, układ wykrywania spadku rezystancji izolacji generatora z alarmem oraz układ monitorowania prądu różnicowego (zwykle w falowniku);
- zabezpieczenia nadprądowe po stronie DC zastosowano zgodnie z założeniami (a w układach bez zabezpieczeń stringów sprawdza się, że przewody i moduły wytrzymają prąd wsteczny z równoległych stringów), oraz że prąd, który mógłby płynąć wstecznie z falownika do generatora, jest mniejszy niż dopuszczalne obciążenie modułów i przewodów;
- wykonano połączenia wyrównawcze konstrukcji i ram zgodnie z projektem, a przewody uziemiające i wyrównawcze prowadzone są równolegle do przewodów DC i w jednej wiązce z nimi;
- powierzchnie pętli przewodów ograniczono, a długie przewody zabezpieczono ekranowaniem lub ogranicznikami przepięć zgodnie z projektem;
- jest **rozłącznik DC po stronie falownika** oraz środki odłączania stringów i podgeneratorów;

- wtyki i gniazda łączone ze sobą są tego samego typu i od tego samego producenta;
- jeśli zastosowano diody blokujące, ich napięcie wsteczne jest odpowiednio dobrane.

Dla strony AC sprawdza się, że: jest urządzenie do odłączania falownika po stronie AC; wszystkie urządzenia odłączające są przyłączone tak, że instalacja PV jest po stronie obciążenia, a zasilanie publiczne po stronie źródła; parametry pracy falownika zaprogramowano zgodnie z przepisami lokalnymi; a jeśli przed falownikiem zastosowano wyłącznik różnicowoprądowy, jego typ dobrano do wymagań falownika (niektóre falowniki wymagają typu B).

Oznakowanie sprawdzane przy odbiorze

- oznaczenie wszystkich obwodów, zabezpieczeń, łączników i zacisków;
- **ostrzeżenie na skrzynkach połączeniowych DC**, że części czynne wewnątrz są zasilane z generatora i mogą pozostawać pod napięciem po odłączeniu falownika i sieci;
- wyraźne oznakowanie rozłącznika po stronie AC;
- ostrzeżenie o dwóch źródłach zasilania w punkcie przyłączenia;
- wyłożony na miejscu schemat jednokreskowy, dane wykonawcy instalacji oraz **procedury wyłączania i postępowania awaryjnego**;
- trwałe mocowanie wszystkich znaków.

Badania: dwa poziomy

Badania wykonuje się według PN-HD 60364-6 i PN-EN 62446-1, przyrządami zgodnymi z normami dla przyrządów pomiarowych (seria PN-EN 61557, PN-EN 61010), przez osobę z kwalifikacjami do sprawdzania instalacji. Zakres dobiera się do wielkości i złożoności instalacji. Norma wyróżnia:

- **kategorię 1**, czyli badania minimalne, stosowane w każdej instalacji: badania obwodów AC według PN-HD 60364-6 oraz po stronie DC ciągłość przewodów uziemiających i wyrównawczych, polaryzację, badanie skrzynki połączeniowej, napięcie obwodu otwartego stringów, prąd stringów (zwarciaowy albo roboczy), próby funkcjonalne i rezystancję izolacji obwodów DC;
- **kategorię 2**, czyli badania rozszerzone, które zakładają wykonanie kategorii 1: pomiar charakterystyk prądowo-napięciowych stringów (przydatny do oceny uzysku oraz wykrywania uszkodzeń modułów i zacienienia) i badanie kamerą termowizyjną;
- **badania dodatkowe**, wykonywane w niektórych okolicznościach, np. napięcie względem ziemi w układach z uziemionym biegunem, badanie diod blokujących, mokra próba izolacji generatora do lokalizacji usterek.

Kolejność badań ma znaczenie. Zasadniczo badania strony AC wykonuje się przed badaniami strony DC, chyba że jest to niewykonalne. Polaryzację i badanie skrzynki połączeniowej wykonuje się przed połączeniem stringów między sobą, bo błędy tych obwodów mogą uszkodzić urządzenia. Jeśli badanie wykaże usterkę, po jej usunięciu powtarza się to badanie i badania wcześniejsze, na których wynik usterka mogła wpłynąć. Próby funkcjonalne, które wymagają zasilania AC (np. praca falownika), wykonuje się po zbadaniu strony AC.

Generator jest pod napięciem w świetle dziennym i w odróżnieniu od zwykłego obwodu nie da się go odizolować przed badaniem rezystancji izolacji, więc badanie wymaga procedur bezpieczeństwa:

ograniczenia dostępu do miejsca pracy, niedotykania przez inne osoby metalowych powierzchni i tylnej strony modułów, przyrządu z samoczynnym rozładowaniem oraz odzieży ochronnej. Jeśli ograniczniki przepięć lub inne urządzenia mogą wpłynąć na wynik albo ulec uszkodzeniu, odłącza się je tymczasowo na czas badania.

Systemy z optymalizatorami, modułami AC i mikrofalownikami

Norma wprost zmienia zakres badań dla systemów z elektroniką na poziomie modułu:

- **moduł AC:** badań i oględzin robót po stronie DC się nie wymaga;
- **mikrofalownik bez przewodów wykonywanych na miejscu** (wszystkie połączenia wykonują przewody modułu i mikrofalownika): obwodów DC się nie bada, ale ogląda się roboty DC;
- **mikrofalownik z przewodami wykonywanymi na miejscu:** bada się obwody DC i ogląda roboty DC;
- **moduły z elektroniką zintegrowaną i optymalizatory:** stosuje się standardowy zakres, jeśli to możliwe, a przed odbiorem konsultuje się producenta w sprawie ograniczeń badań (np. próby izolacji) i kryteriów oceny (np. oczekiwanego napięcia obwodu otwartego).

Ze względu na różnorodność urządzeń norma nie wskazuje, jakie badania można bezpiecznie wykonać i jakich wyników się spodziewać, więc przed odbiorem zawsze zwraca się do producenta.

Próby funkcjonalne

Próbuje się działanie aparatury łączeniowej i sterowniczej (poprawny montaż i przyłączenie) oraz wszystkich falowników według procedury producenta. Do prób funkcjonalnych należy też współpraca z PWP opisana w osobnym rozdziale: odłączenie falownika od instalacji budynku, brak napięcia po stronie AC za aparatem oraz zachowanie falownika po powrocie zasilania.

Przeglądy okresowe

Norma wymaga, aby odstęp między sprawdzeniami instalacji PV nie był dłuższy niż wymagany dla instalacji elektrycznej AC, do której PV jest przyłączona. W Polsce instalację elektryczną kontroluje się co najmniej raz na 5 lat (art. 62 Prawa budowlanego). W praktyce warto częściej: raz w roku obejrzeć złącza i przewody, sprawdzić ograniczniki, oznakowanie i działanie rozłączników, a co kilka lat wykonać badanie termowizyjne modułów i złączy, które wykrywa gorące punkty. Po burzy z uderzeniem w pobliżu warto zlecić oględziny. Przeglądy PWP jako urządzenia przeciwpożarowego opisuje rozdział o PWP.

27. Kto może zaprojektować, uzgodnić i wykonać pomiary

- **Projekt:** osoba z uprawnieniami budowlanymi do projektowania w specjalności instalacyjnej w zakresie sieci, instalacji i urządzeń elektrycznych i elektroenergetycznych. Projekt instalacji PV obejmuje także rozwiązania ppoż. i ochrony przepięciowej, w tym PWP, jeśli jest wymagany.
- **Uzgodnienia:** w obiektach, dla których przepisy tego wymagają, projekt uzgadnia rzeczoznawca do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych, w tym projekt PWP jako urządzenia przeciwpożarowego. Zakres wymagań zależy od rodzaju budynku i przepisów, w tym ewentualnych nowych warunków technicznych.

- **Wykonawstwo:** osoby z kwalifikacjami zawodowymi do pracy przy urządzeniach elektrycznych; kierowanie robotami wymaga uprawnień budowlanych w odpowiedniej specjalności.
- **Pomiary i kontrole:** osoby z kwalifikacjami do pomiarów i dozoru nad urządzeniami elektrycznymi oraz osoby z uprawnieniami budowlanymi w odpowiedniej specjalności (art. 62 Prawa budowlanego). Przyrządy pomiarowe powinny mieć ważne świadectwo wzorcowania.

Przed zleceniem poproś o numer uprawnień (publiczny rejestr CRUB) i o dokument kwalifikacji osoby wykonującej pomiary.

28. Typowe błędy w instalacjach PV

- Montaż PV bez oceny stanu instalacji elektrycznej i bez zaktualizowanej oceny ryzyka odgromowego.
- Złącza różnych producentów łączone ze sobą oraz niewłaściwie zaciśnięte lub niedokręcone.
- Przewody DC prowadzone po ostrych krawędziach, bez ochrony przed UV i uszkodzeniem.
- Brak ograniczników po stronie DC albo zbyt niskie napięcie pracy ograniczników.
- Długie przewody połączeń ograniczników z szyną wyrównawczą.
- Niezachowane odstępów od zwodów albo konstrukcja PV niepołączona z instalacją odgromową i wyrównawczą.
- Brak oznakowania budynku i brak dokumentacji dla straży.
- Rozłącznik DC nieprzystosowany do prądu stałego albo wkładki i ograniczniki, które można otworzyć pod obciążeniem.
- Przeciwpowozowy wyłącznik prądu, który nie odłącza falownika, albo bez dokumentów wyrobu i próby.
- Falownik w pomieszczeniu mieszkalnym lub na drodze ewakuacji, bez wentylacji.
- Brak protokołów z pomiarów i przeglądów, więc brak podstawy do rozmowy z ubezpieczycielem.

29. Lista kontrolna dla inwestora

Przed zakupem i montażem

- Czy sprawdzono stan instalacji elektrycznej, zabezpieczenia i moc przyłączeniową?
- Czy ustalono, czy w obiekcie wymagany jest PWP (kubatura strefy pożarowej, strefy zagrożone wybuchem) albo czy zostanie zastosowany jako środek dodatkowy?
- Czy projekt zawiera rozwiązania ppoż. (rozłączanie DC, przewody, falownik, współpraca z PWP) i ochronę przepięciową?
- Czy uwzględniono ochronę odgromową i odstępów od zwodów?
- Czy sprawdziłeś warunki ubezpieczenia budynku i instalacji?
- Czy wykonawca ma wymagane uprawnienia i doświadczenie?

W trakcie montażu

- Czy złącza są jednego producenta i poprawnie zaciśnięte?
- Czy przewody są zabezpieczone przed uszkodzeniem i UV?
- Czy ograniczniki zamontowano z krótkimi połączeniami do szyny wyrównawczej?
- Czy zachowano odstępy izolacyjne albo wykonano połączenia zgodnie z projektem?
- Czy falownik i magazyn energii przyłączono tak, jak ustalono względem PWP?

Przed odbiorem

- Czy masz protokoły z pomiarów DC i AC oraz dokumentację powykonawczą?
- Czy PWP (jeśli jest) ma dokumenty wyrobu (certyfikat lub dopuszczenie jednostkowe), uzgodnienie i protokół z próby?
- Czy po zadziałaniu PWP falownik i magazyn są odłączone, a obwody pożarowe nadal działają?
- Czy budynek jest oznakowany, a plan dachu przekazany?
- Czy ustalono termin przeglądu i badania termowizyjnego oraz próby PWP?

30. Najczęstsze pytania

Czy wyłączenie falownika usuwa napięcie z przewodów na dachu?

Nie. Dopóki moduły są oświetlone, przewody między modułami a rozłącznikiem DC pozostają pod napięciem. Dlatego stosuje się oznakowanie i, w razie potrzeby, rozwiązania szybkiego wyłączenia.

Czy przeciwpożarowy wyłącznik prądu odłącza moduły PV?

Nie. PWP odcina obwody przemienne za aparatem wykonawczym, w tym wyjście falownika, jeśli falownik jest tam przyłączony. Napięcie w modułach i przewodach DC do falownika pozostaje.

Czy zamiast wyłącznika dla straży wystarczy schować przewody DC w stalowej rurce wewnątrz domu?

Prowadzenie przewodów DC na zewnątrz budynku albo w osłonach i szachtach o odpowiedniej odporności ogniowej jest dobrym zabiegiem, bo zmniejsza ryzyko pożaru i jego rozprzestrzeniania. Nie rozwiązuje jednak problemu napięcia: moduły nadal wytwarzają napięcie stałe, które na dachu, w złączach i w przewodach przed osłoną może sięgać kilkuset woltów, więc ratownik prowadzący akcję na dachu nadal ma z nim do czynienia. Osłona i odłączenie napięcia to dwa różne środki, które się uzupełniają. Według opisów projektu nowych warunków technicznych oba mają się znaleźć wśród wymagań, w tym wyłącznik dla służb ratowniczych (status projektu do sprawdzenia).

Czy optymalizatory lub mikrofalowniki rozwiązują problem napięcia DC dla straży?

Znacząco go ograniczają, ale w różny sposób. Optymalizatory po odłączeniu falownika od sieci obniżają napięcie w przewodach stringu do niskich wartości (według producentów rzędu 1 V na moduł). W mikrofalownikach przewody na dachu i w budynku są obwodami AC, więc po zadziałaniu PWP lub wyłącznika w rozdzielnicy tracą napięcie. W obu przypadkach moduły nadal wytwarzają

energie, a poziom bezpieczeństwa zależy od modelu urządzeń, więc sprawdza się go w dokumentacji producenta i w projekcie.

Czy w domu jednorodzinnym z PV muszę mieć przeciwpożarowy wyłącznik prądu?

Wymaganie wynika z kubatury strefy pożarowej i z projektu. Dla typowego domu poniżej progu kubatury nie jest obowiązkowy z samych przepisów o PWP, ale projektant, rzeczoznawca lub ubezpieczyciel mogą go zalecić. Sprawdź też aktualne przepisy techniczno-budowlane.

Gdzie powinien być zamontowany PWP?

Według przepisów w pobliżu głównego wejścia do obiektu lub złącza, z oznakowaniem. Dokładne miejsce aparatu i przycisków wynika z projektu i uzgodnień ze straży lub z rzeczoznawcą.

Czy PWP musi mieć certyfikat?

Przepisy o wyrobach budowlanych dopuszczają dwie drogi: certyfikat na zestaw (lub jego elementy) albo dopuszczenie jednostkowe oparte na indywidualnej dokumentacji i oświadczeniu prefabrykatora. Którą drogę przyjmie rzeczoznawca w danym obiekcie, warto ustalić na etapie uzgodnień.

Czy zadziałanie PWP uruchomi agregat?

Nie powinno uruchamiać go na odbiory odcinane. Agregat może zasilać obwody pożarowe, jeśli tak przewidziano w projekcie.

Czy PV zwiększa ryzyko uderzenia pioruna?

Nie przyciąga wyładowań bardziej niż dach. Zwiększa jednak narażenie na przepięcia i potencjalne straty, więc wymaga ograniczników i uwzględnienia w ochronie odgromowej.

Czy ograniczniki w falowniku wystarczą?

Nie zawsze. Wbudowane ograniczniki bywają niewystarczające dla długich przewodów lub instalacji z ochroną odgromową. O potrzebie dodatkowej ochrony decyduje projekt.

Czy ubezpieczyciel może odmówić wypłaty za szkodę w instalacji PV?

To zależy od warunków polisy i okoliczności szkody. Dlatego sprawdź OWU, zgłoś instalację, jeśli wymaga tego ubezpieczyciel, i przechowuj dokumentację z odbioru i przeglądów.

Jak często kontrolować instalację PV i PWP?

Instalację razem z instalacją elektryczną co najmniej raz na 5 lat (art. 62 Prawa budowlanego). W praktyce warto robić oględziny co roku i badanie termowizyjne co kilka lat. Przeglądy PWP jako urządzenia przeciwpożarowego wykonuje się w okresach ustalonych przez producenta, nie rzadziej niż raz w roku.

31. Podstawy: normy i przepisy

W poradniku powołuję się na poniższe normy i przepisy. Wydania i status sprawdzaj w katalogu Polskiego Komitetu Normalizacyjnego i w Dzienniku Ustaw. Treść norm opisuję własnymi słowami i nie

przyczyniam z nich tablic ani wartości.

Normy

- **PN-HD 60364-7-712:2016-05**, Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji. Fotowoltaiczne (PV) układy zasilania;
- **PN-HD 60364-5-53:2022-10**, Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Aparatura rozdzielcza i sterownicza;
- **PN-HD 60364-5-56:2019-01**, Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Instalacje bezpieczeństwa;
- **IEC 62548-1:2023**, Photovoltaic (PV) arrays. Design requirements (dokument międzynarodowy; status polskiej wersji do sprawdzenia w katalogu PKN);
- **PN-EN 62446-1:2016-08**, Systemy fotowoltaiczne (PV). Wymagania dotyczące badań, dokumentacji i utrzymania. Część 1: Systemy podłączone do sieci. Dokumentacja, odbiory i nadzór;
- **PN-EN 50549-1:2019-02**, Wymagania dla instalacji wytwórczych przeznaczonych do pracy równoległej z siecią dystrybucyjną. Część 1: Przyłączanie do sieci dystrybucyjnej niskiego napięcia;
- **PN-EN 61643-31:2019**, Niskonapięciowe urządzenia do ograniczania przepięć. Część 31: Wymagania i metody badań SPD w instalacjach fotowoltaicznych (zastąpiła PN-EN 50539-11:2013-09; wydanie z 2019-07);
- **CLC/TS 51643-32:2020**, Niskonapięciowe urządzenia do ograniczania przepięć. Część 32: SPD po stronie DC instalacji fotowoltaicznych. Zasady doboru i stosowania (zastąpiła CLC/TS 50539-12; status polskiej wersji do sprawdzenia w katalogu PKN);
- **PN-EN 50618**, Przewody do instalacji fotowoltaicznych;
- **PN-EN 61557-8 i -9**, Urządzenia do kontroli izolacji i lokalizacji uszkodzeń izolacji;
- **PN-HD 60364-4-44**, Ochrona przed przepięciami;
- **PN-HD 60364-6**, Sprawdzanie instalacji;
- **norma SEP-E-005**, Dobór przewodów elektrycznych do zasilania urządzeń przeciwpożarowych, których funkcjonowanie jest niezbędne podczas pożaru;
- **PN-EN IEC 62305-1, -2, -3, -4:2025-09**, Ochrona odgromowa.

Przepisy, wytyczne i opracowania

- ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. **Prawo budowlane**, art. 62 (kontrole okresowe) oraz przepisy o uprawnieniach budowlanych;
- rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (w szczególności §183), oraz projekt nowego rozporządzenia w tej sprawie; status do sprawdzenia w Dzienniku Ustaw (stan na 6 października 2026 r.);
- ustawa z dnia 31 lipca 2026 r. o zmianie ustawy o samorządach zawodowych architektów oraz inżynierów budownictwa oraz ustawy – Prawo budowlane (Dz.U. 2026 poz. 1161), art. 102a–102c

Prawa budowlanego (przepisy przejściowe dotyczące sporządzania projektów; zakres według opisów w serwisach prawniczych);

- ustawa o wyrobach budowlanych (art. 5 i art. 10, jednostkowe zastosowanie wyrobu) oraz rozporządzenie w sprawie sposobu deklarowania właściwości użytkowych wyrobów budowlanych i znakowania ich znakiem budowlanym (2016 r.);
- rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (t.j. Dz.U. 2023 poz. 822, z późniejszymi zmianami), w szczególności §2 pkt 9, §3 i §4 ust. 2; ustawa o ochronie przeciwpożarowej;
- wykaz certyfikatów krajowych dla przeciwpożarowych wyłączników prądu i wytyczne publikowane przez CNBOP-PIB;
- J. Wiatr, *Przeciwpożarowy wyłącznik prądu jako wyrób certyfikowany a dopuszczenie jednostkowe* oraz J. Wiatr, M. Orzechowski, *Przeciwpożarowy wyłącznik prądu i zagrożenia stwarzane przez wyłącznik EPO zasilaczy UPS oraz ich neutralizacja* (materiały konferencyjne SEP Kraków, opracowania przywołane przy opisie sterowania i współpracy z UPS).

Tytuły norm podaję w uproszczeniu. Pełne brzmienie, wydanie i status znajdziesz w katalogu PKN.

32. Słowniczek

- **PV** (photovoltaic): fotowoltaika, przetwarzanie energii słonecznej na elektryczną.
- **DC i AC**: prąd stały (po stronie modułów) i przemienny (po stronie falownika i sieci).
- **PWP**: przeciwpożarowy wyłącznik prądu.
- **Aparat wykonawczy PWP**: rozłącznik lub wyłącznik, który faktycznie przerywa obwód zasilania.
- **Wyzwalacz wzrostowy (WW) i podnapięciowy (WP)**: cewki otwierające aparat po podaniu napięcia lub po jego zaniku.
- **SZR**: samoczynne załączenie rezerwy, automatyka przełączająca źródła zasilania.
- **UPS, UZS**: zasilacze bezprzerwowe i zasilacze urządzeń przeciwpożarowych.
- **EPO**: awaryjne wyłączenie zasilacza UPS.
- **Odłączanie izolacyjne**: bezpieczna przerwa izolacyjna na czas prac, z zabezpieczeniem przed niezamierzonym załączeniem.
- **Szybkie wyłączanie (rapid shutdown)**: obniżenie napięcia w przewodach DC po sygnale.
- **Optymalizator mocy**: urządzenie przy module, które dopasowuje jego pracę i, w wersjach z funkcją bezpieczeństwa, obniża napięcie w przewodach DC po odłączeniu falownika od sieci.
- **Mikrofalownik**: falownik pracujący przy pojedynczym module lub parze modułów; trasy kablowe poza modulem są obwodami AC.
- **U_{OC}, STC**: napięcie obwodu otwartego modułu lub stringu i standardowe warunki badania modułów.
- **U_{CPV}**: największe ciągłe napięcie pracy ogranicznika przepięć w instalacji PV.

- **SPD:** ogranicznik przepięć.
- **LPS:** zewnętrzna instalacja odgromowa.
- **AFDD:** urządzenie wykrywające łuk elektryczny i wyłączające obwód.
- **IMD:** urządzenie do monitorowania stanu izolacji.
- **MPPT:** układ falownika dostosowujący obciążenie generatora do maksymalnej mocy; każde wejście MPPT jest osobnym obwodem DC.
- **String:** szeregowo połączone moduły tworzące obwód generatora.
- **Odstęp izolacyjny:** bezpieczna odległość między instalacją odgromową a elementami przewodzącymi.
- **Strefa pożarowa:** część budynku wydzielona elementami o określonej odporności ogniowej; dla niej określa się m.in. kubaturę, od której zależy wymagane PWP.
- **CNBOP-PIB:** Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowodziowej, jednostka certyfikująca wyroby przeciwpożarowe.
- **OWU:** ogólne warunki ubezpieczenia.