Krosno, 3 października 2022

Projekt wykonawczy dachowej instalacji fotowoltaicznej o mocy 38,38 kWp

**Samorządowe Przedszkole im. Wandy Chotomskiej**

**w Krościenku Wyżnym**

**Południowa 11, 38-422 Krościenko Wyżne**

**Dane Inwestora:**

Urząd Gminy Krościenko Wyżne

ul. Południowa 9

38-422 Krościenko Wyżne

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Projektant: | mgr inż. Konrad Cwynar  Nr uprawnień: OZE-W/22/000032/20 | podpis |

Spis treści

[1. Podstawa opracowania 3](#_Toc129588752)

[2. Lokalizacja instalacji fotowoltaicznej 4](#_Toc129588753)

[3. Charakterystyka obiektu 4](#_Toc129588754)

[4. Ewakuacja 4](#_Toc129588755)

[5. Rozwiązania dla bezpieczeństwa PPOŻ 5](#_Toc129588756)

[Przeciwpożarowy wyłącznik prądu PWP 12](#_Toc129588757)

[Sposób zapewnienia bezpieczeństwa dla ekip ratowniczo-gaśniczych 12](#_Toc129588758)

[6. Zasilanie obiektu 13](#_Toc129588759)

[7. Opis projektowanej instalacji fotowoltaicznej 14](#_Toc129588760)

[8. Plan sytuacyjny - rozmieszczenie i opis elementów instalacji fotowoltaicznej 17](#_Toc129588761)

[9. Schemat przyłączenia instalacji PV do sieci elektroenergetycznej 18](#_Toc129588762)

[10. Bezpieczeństwo podczas montażu 18](#_Toc129588763)

[11. Dane techniczne inwertera 19](#_Toc129588764)

[12. Dane techniczne modułów fotowoltaicznych 20](#_Toc129588765)

[13. Dane techniczne optymalizatora 20](#_Toc129588766)

[14. System montażowy 21](#_Toc129588767)

[15. Ochrona odgromowa 21](#_Toc129588768)

[16. Ochrona przeciwprzepięciowa 21](#_Toc129588769)

[a. dobór modułów fotowoltaicznych 22](#_Toc129588770)

[b. obliczenie prądów i napięć modułów PV w skrajnych warunkach pracy instalacji 23](#_Toc129588771)

[c. dobór przewodów podłączeniowych po stronie napięcia stałego 24](#_Toc129588772)

[d. dobór przewodów podłączeniowych po stronie napięcia zmiennego 25](#_Toc129588773)

[e. dobór zabezpieczeń po stronie napięcia stałego 25](#_Toc129588774)

[f. dobór zabezpieczeń po stronie napięcia zmiennego 26](#_Toc129588775)

[19. Uwagi i zalecenia techniczne 26](#_Toc129588776)

[20. Wytyczne dotyczące instalacji zasilania elektrycznego budynku 27](#_Toc129588777)

[21. Załącznik 1 – schemat instalacji elektrycznej 28](#_Toc129588778)

[22. Załącznik 2 – rozkład modułów instalacji PV 28](#_Toc129588779)

# Podstawa opracowania

* Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 roku o ochronie przeciwpożarowej (Dz. U. z 2020 r., poz. 961 tekst jednolity).
* Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. z 2019 r. poz. 1065 tekst jednolity).
* Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 2 grudnia 2015 roku w sprawie uzgadniania projektu budowlanego pod względem ochrony przeciwpożarowej (Dz. U. z 2015r., poz. 2117).
* Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 roku w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. z 2010 r. nr 109, poz. 719) wraz ze zmianami (Dz.U. 2019 poz. 67).
* Ustawa Prawo Budowlane z dnia 7 lipca 1994 r.  (Dz. U. 2020 poz. 1333 tekst jednolity).
* PN-HD 60364-7-712:2016 Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 7 –712: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji – Fotowoltaiczne (PV) układy zasilania;
* PN-EN IEC 61730-1:2018-06 Ocena bezpieczeństwa modułu fotowoltaicznego (PV) – Część 1: Wymagania dotyczące konstrukcji;
* PN-EN IEC 61730-2:2018-06 Ocena bezpieczeństwa modułu fotowoltaicznego (PV) – Część 2: Wymagania dotyczące badań.
* PN-EN 62446-1:2016-08 oraz PN-EN 62446-1:2016-08/A1:2019-01 Systemy fotowoltaiczne (PV) – Wymagania dotyczące badań, dokumentacji   
  i utrzymania – Część 1: Systemy podłączone do sieci – Dokumentacja, odbiory   
  i nadzór;

# Lokalizacja instalacji fotowoltaicznej

Nazwa inwestycji: „Dachowa instalacja fotowoltaiczna o mocy 38,38 kWp

Lokalizacja inwestycji: Samorządowe Przedszkole im. Wandy Chotomskiej

w Krościenku Wyżnym

ul. Południowa 11, 38-422 Krościenko Wyżne

Dane inwestora: Urząd Gminy Krościenko Wyżne, ul. Południowa 9,

38-422 Krościenko Wyżne

# Charakterystyka obiektu

Projekt obejmuje koncepcję montażu modułów instalacji fotowoltaicznej (ON-GRID, BAPV) o mocy **38,38 kWp**, zamontowanej na dachu budynku.

W obiekcie znajdują się osoby wyłącznie w godzinach pracy przedszkola, począwszy   
od 6.00 do 17.00.

Budynek w całości stanowi jedną strefę przeciwpożarową, dwupoziomową, bez wydzielonych stref zagrożonych wybuchem o powierzchni użytkowej 400 m2. Kubatura obiektu **przekracza 1000 m3**. Elementom konstrukcyjnym nie stawia się wymagań w zakresie klasy odporności ogniowej.

Wszystkie elementy konstrukcyjne budynku są nierozprzestrzeniające ognia.

Obiekt zabezpieczają gaśnice proszkowe, przystosowane do gaszenia urządzeń elektrycznych pod napięciem.

Zamierzenie inwestycyjne nie wymaga pozwolenia na budowę.

# Ewakuacja

Ewakuacja użytkowników obiektu w przypadku ewentualnego zagrożenia pożarowego zapewniona będzie poprzez wewnętrzne trasy komunikacyjne na zewnątrz obiektu w miejsce bezpieczne.

W przypadku wystąpienia ryzyka pożaru należy bezwzględnie odłączyć zasilanie główne obiektu, do którego przyłączona zostanie instalacja fotowoltaiczna. W obrębie dróg ewakuacyjnych nie będą prowadzone przewody DC.

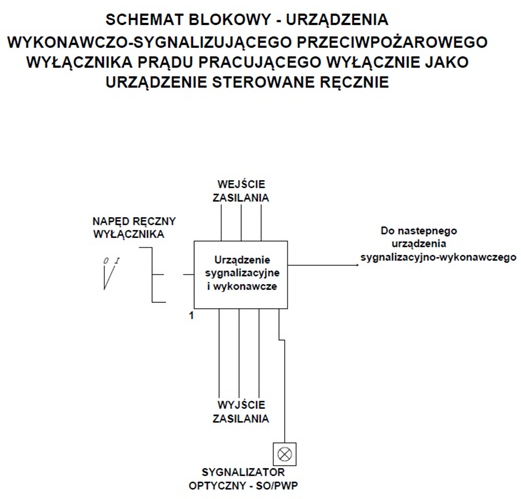
# Rozwiązania dla bezpieczeństwa PPOŻ

**Wyłącznik główny budynku**

Z uwagi na wymagania ustawodawcy:

* Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 17 listopada 2016 roku w sprawie sposobu deklarowania właściwości użytkowych wyrobów budowlanych oraz sposobu znakowania ich znakiem budowlanym (DzU z 2016 r., poz. 1966 z późn. zm.), które wprowadziło obowiązek certyfikacji PWP – później rokrocznie wydłużano okres przejściowy, aż do 1 stycznia 2021 r.;
* Rozporządzeniem Ministra Rozwoju, Pracy i Technologii z dnia 4 grudnia 2020 r. zmieniającym rozporządzenie w sprawie sposobu deklarowania właściwości użytkowych wyrobów budowlanych oraz sposobu znakowania ich znakiem budowlanym (DzU z 2020 r., poz. 2297), które nie wydłużyło wspomnianego okresu poprzez nie ujęcie na liście urządzeń, dla których obowiązuje okres przejściowy.

należy dostosować zastaną instalację do obecnych przepisów.

****

**Lokalizacja urządzeń**

Z uwagi na konieczność zamontowania inwertera PV wewnątrz budynku projektuje się przeciwpożarowy rozłącznik DC w każdym miejscu, w którym przewody DC wprowadzane są do wnętrza budynku. Wyłączniki montowane są w skrzynkach osłonowych razem z ogranicznikami przepięć w linii DC. Rozwiązanie to zapewni odłączenie niebezpiecznego napięcia doprowadzanego do wnętrza budynku, co pozwoli na bezpieczeństwo pracy podczas podejmowania ewentualnej akcji gaśniczej. Przewód zasilający wyłączniki pożarowe będzie wykonany w klasie min. E30. Falownik instalacji PV zamontowany zostanie na niepalnych elementach konstrukcji budynku w wydzielonej przestrzeni technicznej

Połączenia pomiędzy modułami wykonane zostaną za pomocą złączy po stronie DC wykonanych w standardzie MC4, pochodzących od jednego producenta. Do zarabiania końcówek MC4, używana będzie profesjonalna, dedykowana prasa kablowa.

Przewody DC pomiędzy generatorem, a inwerterem, będą wykonane w standardzie solarnym, ze zdwojoną izolacją, odporne na napięcie powyżej 1000V oraz wpływ promieniowania UV. Przewody elektryczne będą w newralgicznych punktach prowadzone   
w rurach osłonowych zabezpieczających przed ewentualnym zniszczeniem warstwy izolacji mogącym spowodować powstanie łuku elektrycznego inicjującego pożar.

**Warunki ochrony przeciwpożarowej dla instalacji fotowoltaicznej**

**Charakterystyka zagrożenia pożarowego wynikająca z:**

* + 1. właściwości pożarowe wyrobów stanowiących elementy urządzeń fotowoltaicznych:

Panele fotowoltaiczne będą standardowo wykonywane z materiałów uznawanych powszechnie za co najmniej trudno zapalne**.** Konstrukcje wsporcze paneli będą wykonane   
z materiału niepalnego. Po stronie DC zastosowane zostaną przewody solarne bezhalogenowe, samo gasnące i nierozprzestrzeniające płomienia, odporne na działanie wody i wysokich temperatur. Przewodom AC nie stawia się szczególnych wymagań   
w zakresie bezpieczeństwa pożarowego.

* + 1. oddziaływanie potencjalnego pożaru urządzeń fotowoltaicznych na elementy obiektu budowlanego w kontekście właściwości pożarowych tych elementów:

Elementy konstrukcyjne budynku są scharakteryzowane jako nierozprzestrzeniające ognia, ściany wykonane z gazobetonu, a pokrycie dachu w formie blachodachówki.

**Informacje o sposobie zabezpieczenia przeciwpożarowego fotowoltaicznej instalacji elektrycznej**

Projektant branży elektrycznej przewidział dla projektowanej instalacji fotowoltaicznej zwarciową, przetężeniową, przeciwporażeniową, przeciwprzepięciową, monitoring izolacji i instalacji, działania mające na celu minimalizacje ryzyka wystąpienia łuku elektrycznego (ograniczona zostanie do minimum ilość połączeń po stronie DC, przewody zostaną poprowadzone zgodnie z zaleceniami producenta i instrukcją montażu, złącza będą tego samego typu i producenta). Zrezygnowano z ochrony przed prądami rewersyjnymi (wyeliminowano ryzyko zacienienia – brak zasadzonych drzew). Ocena poprawności doboru ww. zabezpieczeń nie jest przedmiotem uzgodnienia ppoż.

W celu zmniejszenia ryzyka powstania pożaru oraz stopnia oddziaływania potencjalnego pożaru pochodzącego od urządzenia fotowoltaicznego na budynek i od budynku na elementy urządzenia PV:

* Montaż modułów będzie poprzedzony szczegółową analizą wpływu dodatkowego obciążenia wynikającego z instalacji systemu fotowoltaicznego na budynku.
* Panele i przewody DC montowane będą na podłożu nierozprzestrzeniającym ogień, minimum kilkanaście centymetrów nad przekryciem dachu.
* Panele nie będą lokalizowane na dachu budynku zagrożonego wybuchem.
* Przewody DC nie będą prowadzone wzdłuż dróg ewakuacyjnych.
* W pomieszczeniach przewody prowadzone będą w kanałach elektroinstalacyjnych lub rurkach elektroinstalacyjnych.
* Nie projektuje się dodatkowej instalacji odgromowej dla ochrony modułów z uwagi na połączenie galwaniczne z konstrukcją dachu oraz ułożeniem modułów, jako integralna (BAPV) część pokrycia dachowego dzięki zastosowaniu dedykowanych mostków montażowych.
* Po stronie AC zastosowany zostanie wyłącznik izolacyjny AC (wyłącznik główny prądu) na elewacji budynku, w miejscu łatwo dostępnym. Jego sterowanie odbywać się będzie z zewnątrz budynku. Dodatkowo w skrzynce ACPV przewidziano niezależny wyłącznik izolacyjny. Po stronie DC przewidziano dodatkowo wyłącznik pożarowy DC.
* Falownik zainstalowany zostanie zgodnie z zaleceniami producenta  
  w miejscu łatwo dostępnym dla służb ratowniczych, na podłożu niepalnym o klasie reakcji na ogień nie niższej niż A1, nieprzewodzącym i suchym. Temperatura   
  w pomieszczeniu falownika nie będzie przekraczać 35°C, chyba że producent dopuszcza pracę w wyższej temperaturze, wysokość montażu nie niżej niż 1,5 m nad ziemią lub posadzką.
* Pomieszczenie z inwerterem zostanie wyposażone w gaśnicę przystosowaną do gaszenia urządzeń elektrycznych pod napięciem.
* Zrezygnowano z zastosowania optymalizatorów mocy, które wg niemieckich   
  i brytyjskich badań są źródłem znaczącej ilości pożarów instalacji PV.
* Przestrzegane będą wytyczne montażowe.
* Po stronie AC i DC stosowane będą urządzenia dedykowane odpowiednio do prądu przemiennego i stałego.
* Przewody DC prowadzone będą w rurach osłonowych, w przypadku krzyżowania się   
  z innymi instalacjami będą zachowane odpowiednie odległości wynikające z N-SEP E-004.
* Panele fotowoltaiczne zostaną zamontowane z zachowaniem poniższych zasad:
* maksymalne wymiary pola modułów - 40 m na 40 m,
* w otoczeniu paneli (do 8 m) nie będzie się odbywało składowanie materiałów palnych, odpadów,
* odległość od nierozprzestrzeniających ogień elementów konstrukcyjnych budynku – min. kilkanaście centymetrów,

**Informacje o zapewnieniu możliwości ewakuacji ludzi**

Występowanie elementów instalacji fotowoltaicznej na dachu budynku nie wpływa na pogorszenie warunków ewakuacji. W obrębie dróg ewakuacyjnych nie będą prowadzone przewody solarne pod niebezpiecznym napięciem w sytuacji zagrożenia.

**Informacje o zapewnieniu ograniczenia rozprzestrzeniania się ognia na obiekt sąsiednie   
w kontekście wymaganych warunków usytuowania obiektów budowlanych z uwagi na bezpieczeństwo pożarowe**

W celu ograniczenia rozprzestrzeniania się pożaru na sąsiednie obiekty elementy konstrukcyjne budynku wykonano jako nierozprzestrzeniające ognia w klasach odporności ogniowej wynikających z klas odporności pożarowej stref pożarowych   
w budynku oraz zapewniono odległość budynku od obiektów sąsiednich i granic działki   
w oparciu o założenia projektu budowlanego.

**Informacje o przygotowaniu obiektu budowlanego i terenu do prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych**

Podczas pożaru w budynku kluczowym jest zapewnienie jego odcięcia od zasilania   
w energię elektryczną pochodzącą z sieci elektroenergetycznej oraz od generatora PV. Funkcje wyłączników po stronie AC pełni rozłącznik izolacyjny (główny wyłącznik na elewacji zewnętrznej budynku). Na skutek uruchomienia wyłącznika prądu po stronie AC dochodzić będzie do:

* odcięcia zasilania po stronie AC,
* odłączenia na poziomie inwertera – rozłączenie wyłącznika po stronie AC (zanik napięcia zasilania) skutkować będzie automatycznym wyłączeniem inwertera,
* zadziałania wyłącznika przeciwpożarowego DC.

Przewody DC pod niebezpiecznym napięciem nie będą przechodziły w sytuacji zagrożenia przez strefę pożarową po wyłączeniu głównego wyłącznika prądu AC i DC. Przerwa w obwodzie DC nie powoduje zaprzestania generacji napięcia na łańcuchu modułów. Najlepszym rozwiązanie byłoby stosowanie odpowiednich zabezpieczeń **polegających na zwieraniu modułów** (zerowe napięcie), obniżaniu napięcia do poziomu bezpiecznego w warunkach suchych i mokrych. Rozwiązania te generują jednak znaczne koszty, zwiększają ryzyko pożaru ze względu na zwiększenie ilości połączeń, a zgodnie z wynikami prac badawczych przeprowadzonych przez BRE National Solar Center są nadal postrzegane jako niesprawdzone technologie, dające strażakom fałszywe poczucie bezpieczeństwa. Do czasu ukazania się przepisów prawa regulujących jednoznacznie wymagany dobór zabezpieczeń w instalacjach fotowoltaicznych kompromisem wydaje się być szczególna dbałość na etapie wykonawstwa instalacji, zawiadomienie lokalnej komendy powiatowej/miejskiej PSP o wyposażeniu inwestycji w instalację PV oraz przeszkolenie strażaków z zakresu prowadzenia działań na obiektach wyposażonych w system fotowoltaiczny. We wspólnych badaniach przeprowadzonych   
w Niemczech (Fraunhofer ISE 2017) stwierdzono, że systemy fotowoltaiczne nie stanowią szczególnego zagrożenia dla strażaków, o ile przestrzegają oni zasad bezpieczeństwa.

W każdym punkcie dostępu do części czynnych po stronie DC np. tablice rozdzielcze, skrzynki przyłączeniowe, przewody umieszczony zostanie trwały znak informujący, że części czynne mogą nadal być zasilane po odłączeniu separacyjnym.

Na falownikach zostanie umieszczony znak informujący o tym, że przed każdą operacją serwisową falowników należy odłączyć separująco po stronie DC i AC.

W miejscu łatwo dostępnym dla służb ratowniczych zamieszczony zostanie szkic sytuacyjny urządzenia PVdla ekip ratowniczych ze wskazaniem usytuowania modułów, falowników, wyłączników AC i DC w falownikach, oznaczeniem tras kablowych pozostających pod napięciem po rozłączeniu instalacji z czytelną legendą oraz dane kontaktowe do firmy, która instalowała instalację.

Wyłącznik odcinający napięcie po stronie AC i DC zostanie oznakowany w sposób umożliwiający ich łatwą lokalizację przez służby ratownicze.

Budynek zostanie oznakowany w sposób umożliwiający identyfikację, że system PV jest zainstalowany na obiekcie zgodne z normą PN-HD 60364-7-712:2016.

Nie ma konieczności zapewnienia drogi pożarowej do budynku. Przeciwpożarowe zaopatrzenie wodne w ilości 10 dm3/s realizowane jest z hydrantów wewnętrznych.

Wewnątrz budynku, na każdym piętrze zlokalizowane są hydranty umożliwiające zasilanie w wodę podczas akcji gaśniczej.

Wyroby zastosowane do budowy systemu fotowoltaicznego powinny być dopuszczone do obrotu na zasadach obowiązujących wyroby budowlane (oznakowanie znakiem CE lub B).

W celu zapewnienia bezpieczeństwa ekip ratowniczych należy przestrzegać ponadto odpowiednich procedur postępowania podczas działań ratowniczo-gaśniczych**.** Jeśli nie da się maksymalnie rozłączyć systemu i obniżyć napięcia do poziomu bezpiecznego strażacy powinni postępować tak jakby instalacja znajdowała się pod napięciem (nie dotykać wystających, nadpalonych przewodów, urządzenia elektryczne gasić gaśnicami proszkowymi). W celu wyłączenia pracującej instalacji PV należy w pierwszej kolejności odłączyć ją od sieci niskiego napięcia poprzez rozłączenie odpowiednich aparatów elektrycznych po stronie zmiennoprądowej. Automatycznie dochodzi do uruchomienia wyłączników DC w inwerterach. Podczas działań gaśniczych należy zachować bezpieczną odległość, która pozwoli służbom ratowniczym uniknąć ryzyko porażenia prądem podczas gaszenia pożaru instalacji fotowoltaicznej. W przypadku instalacji o maksymalnym napięciu do 1,5 kV zgodnie z zaleceniami VDE 0132:2008 „Gaszenie pożarów w instalacjach elektrycznych lub w ich pobliżu” zalecana minimalna bezpieczna odległość to 1 m przy gaszeniu prądem rozproszonym i 5 m przy użyciu ciągłego strumienia wody, rekomendowane 6 m. Nie wolno używać reflektorów skierowanych na ogniwa podczas akcji prowadzonej w nocy. Ryzyko porażenia prądem występuje także w przypadku bliskości płomieni. Światło odbite od księżyca nie generuje ryzyka porażenia. Do usunięcia modułów PV wykorzystać należy izolowane rękawice oraz izolowane przecinaki. Pamiętać należy, aby nie dotykać części przewodzących (metalowych) konstrukcji wsporczych, nie rozłączać wtyczek przy panelach, nie stawać na modułach. Szczególne ryzyko stwarzają dachy pokryte blachodachówką gdyż mogą być całkowicie pod napięciem.

**Miejsce montażu paneli fotowoltaicznych, falownika oraz sposób przeprowadzenia przewodów DC pomiędzy modułami, a falownikiem**

W przedmiotowym budynku moduły instalacji fotowoltaicznej zlokalizowane będą na dachu budynku natomiast montaż falownika przewiduje się wykonać w korytarzu obok rozdzielnicy głównej budynku. Trasa przewodu DC od modułów do falownika przewidziana jest w następujący sposób: przewód DC będzie przebiegał dachem do wejścia do budynku poprzez projektowany szacht techniczny prowadzony obok komina wentylacyjnego, bezpośrednio do rozdzielnicy znajdującej się obok inwertera.

## Przeciwpożarowy wyłącznik prądu PWP

Z uwagi na to, że instalacja PV montowana jest na budynku usługowym o kubaturze powyżej 1000 m3 dla budynku wymagane jest zapewnienie przeciwpożarowego wyłącznika prądu. Z racji tego, że instalacja PWP jest urządzeniem przeciwpożarowym w myśl par 2 Rozporządzenia ws. ochrony przeciwpożarowej budynków innych obiektów budowlanych i terenów właściciel obiektu jest zobowiązany do zapewnienia takiej instalacji – niezależenie od tego czy byłaby projektowana instalacja fotowoltaiczna czy nie. Dlatego jako zalecenie projektowe rekomenduje się zaprojektowanie i wyposażenie budynku w PWP z uwzględnieniem instalacji fotowoltaicznej powstałej na podstawie niniejszego projektu.

## Sposób zapewnienia bezpieczeństwa dla ekip ratowniczo-gaśniczych

W budynku obwody DC mające szczególne znaczenie dla służb podczas prowadzenia działań ratowniczych. Obwód prądu stałego (okablowanie DC) znajduje się pomiędzy elementami generatora słonecznego a falownikiem. Napięcie DC w tym obwodzie najczęściej zawiera się w zakresie 250–900 V, w wybranych instalacjach może być jeszcze wyższe. Do porażenia prądem stałym może dojść w przypadku kontaktu (dotknięcia) jednocześnie biegunów dodatniego i ujemnego. Podczas działań ratowniczych i awaryjnych stanów pracy instalacji PV szczególne zagrożenie stanowią uszkodzenia elementów instalacji PV, w tym przede wszystkim okablowania. Do przeniesienia napięcia może dojść np. na ramie/mocowaniu uziemionego modułu PV poprzez wyrównanie potencjałów. Takie przeniesienie napięcia może doprowadzić do porażenia prądem przy dotknięciu (poruszeniu) innego przewodu. Do porażenia może dojść również w przypadku bezpośredniego kontaktu z uszkodzonym przewodem DC w budynku. Dlatego przyjęte zabezpieczenia mają na celu zminimalizowanie ryzyka porażenia prądem elektrycznym:

Budynek został wyposażony w rozłącznik prądu DC zainstalowany na dachu w sposób możliwe jak najbardziej jak najbardziej ograniczający długość odcinka przewodu DC pomiędzy panelami fotowoltaicznymi a rozłącznikiem. Zastosowany rozłącznik został zintegrowany z falownikiem fotowoltaicznym. Jeśli przed rozpoczęciem akcji gaśniczej, strażacy wyłączą zasilanie AC, rozłącznik bezpieczeństwa wykryje awarię sieci i automatycznie przełączy się w pozycję wyłączoną, przerywając połączenie prądu stałego między modułami, a falownikiem. Dzięki temu interweniujące w obrębie budynku ekipy ratowniczo-gaśnicze nie będą narażone na bezpośredni kontakt z przewodami DC pod napięciem – co zapewni bezpieczeństwo w przypadku podawania strumieni gaśniczych czy też poruszania się po budynku.

# Zasilanie obiektu

Budynek, do którego zostanie podłączony system fotowoltaiczny zasilany jest poprzez OSD za pośrednictwem przyłącza ziemnego. Złącze kontrolno-pomiarowe zamontowane w granicy działki.

Na trasie linii zasilającej zabudowany jest przeciwpożarowy wyłącznik prądu dla całego obiektu w formie rozłącznika modułowego.



# Opis projektowanej instalacji fotowoltaicznej

1. **Generator fotowoltaiczny**

Na dachu budynku projektuje się generator fotowoltaiczny zbudowany z 101 sztuk modułów fotowoltaicznych zamontowanych na stałe, na konstrukcji dedykowanej dla dachu pokrytego blachodachówką (system wkręcany do krokwi) Konstrukcja wsporcza oraz ramy modułów fotowoltaicznych będą połączone galwanicznie z elementami konstrukcji oraz uziemione. Generator podzielono na 3 STRINGI składające się z szeregowo połączonych modułów PV w ilości odpowiednio 35, 33 oraz 33 modułów. Moduły planuje się montować dłuższym bokiem w poziomie.

Projektuje się instalację uziemiającą generator fotowoltaiczny w formie przewodu uziemiającego o Lgy przekroju 25 mm2, łączącego konstrukcję generatora z szyną wyrównania potencjałów zamontowaną w rozdzielni AC/DC PV połączoną z uziomem pionowym. Takie wykonanie instalacji uziemiającej umożliwi odprowadzenie prądu wyładowania atmosferycznego do ziemi i uniknięcie ewentualnych skutków cieplnych powstałych po wyładowaniu mogących inicjować pożar.

Z uwagi na długość przewodów pomiędzy generatorem PV, a inwerterem fotowoltaicznym przekraczającą 10 m, projektuje się dodatkowy zestaw ograniczników przepięć w rozdzielnicy przy modułach PV. Ze względu na odległość nie przekraczającą 10 m pomiędzy inwerterem, a złączem po stronie AC nie przewidziano dodatkowego ogranicznika przepięć po stronie zmiennoprądowej.

Pary bezhalogenowych przewodów DC o wzmocnionej lub podwójnej izolacji   
z oznaczeniem PV1-F a następnie H1Z2Z2-K (wymóg PN-HD 60364-7-712:2016), (dobranych pod kątem wytrzymałości prądowej oraz z uwagi na występujący spadek napięcia) planuje się prowadzić równolegle w rurce PCV wykonanej w standardzie materiału samogasnącego po konstrukcji montażowej oraz częściowo w metalowym kanale do miejsca montażu inwertera oraz zlokalizowanej obok rozdzielnicy fotowoltaicznej. Wewnątrz budynku przewody te będą prowadzone po podłożu (ścianach) niepalnym.

Nie projektuje się bezpieczników w gałęziach modułów PV z uwagi na brak połączeń równoległych gałęzi modułów, co uniemożliwia przepływ prądu wstecznego przez gałąź szeregowo połączonych modułów o wartości większej niż maksymalny prąd wsteczny modułu oraz prąd maksymalny wyłącznika DC.

1. **Rozłącznik przeciwpożarowy**

Rozłącznik POŻ dla instalacji dachowej zamontowany zostanie na zewnątrz budynku pomiędzy generatorem PV, a inwerterem PV w taki sposób aby chronić urządzenie przed bezpośrednim oddziaływaniem promieniowania słonecznego, uniemożliwiając dostawanie się niebezpiecznego napięcia do wnętrza budynku w przypadku wyłączenia zasilania.

1. **Inwerter fotowoltaiczny**

Inwerter fotowoltaiczny o mocy 33 kW planuje się zamontować   
w korytarzu obok rozdzielnicy głównej budynku. Projektowany inwerter fotowoltaiczny wyposażony jest fabrycznie w rozłącznik główny DC.

1. **Rozdzielnica fotowoltaiczna**

Rozdzielnica fotowoltaiczna AC/DC PV zostanie zamontowana w bezpośrednim sąsiedztwie inwertera i będzie stanowić punkt przyłączenia instalacji PV do istniejącego systemu elektrycznego w budynku*.* Rozdzielnica zostanie wyposażona w rozłącznik główny po stronie zasilania AC, wyłącznik nadprądowy AC dla obwodu zasilania inwertera o prądzie znamionowym dobranym do mocy falownika, ogranicznik przepięć typu po stronie zasilania AC. Nie przewiduje się montażu wyłącznika różnicowoprądowego.

Elementy systemu PV w oparciu o normę PN-HD 60364-7-712:2016 zabezpieczone zostaną przeciwporażeniowo z zastosowaniem samoczynnego wyłączenia zasilania poprzez wyłącznik nadprądowy po wykonaniu pomiarów impedancji pętli zwarcia w celu weryfikacji skuteczności jego działania.

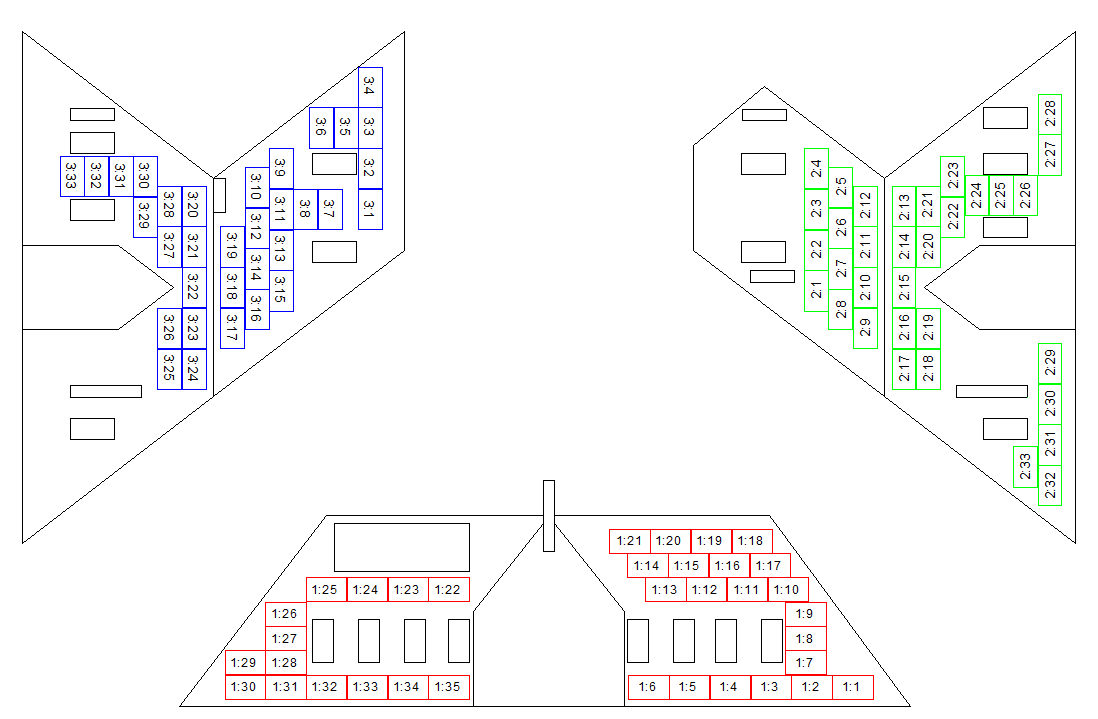
Ochrona przed dotykiem bezpośrednim realizowana jest przez izolację podstawową oraz wszelkie działania ograniczające dostęp do elementów systemu PV (lokalizacja generatora poza zasięgiem dotyku oraz urządzenia wytwórcze w pomieszczeniach technicznych niedostępnych dla osób postronnych). Kable i przewody prowadzone będą pod ziemią lub w osłonach. Ochrona przed dotykiem pośrednim jest realizowana poprzez zastosowanie urządzeń w II klasie ochronności podwojonej izolacji kabli DC, uziemione połączenia wyrównawcze.

Rozdzielnica fotowoltaiczna zostanie wyposażona w tabliczki opisowe informujące   
o obecności napięcia w obwodzie DC pomimo wyłączenia urządzenia oraz o lokalizacji newralgicznych elementach zabezpieczających pozwalających na odłączenie instalacji od sieci.

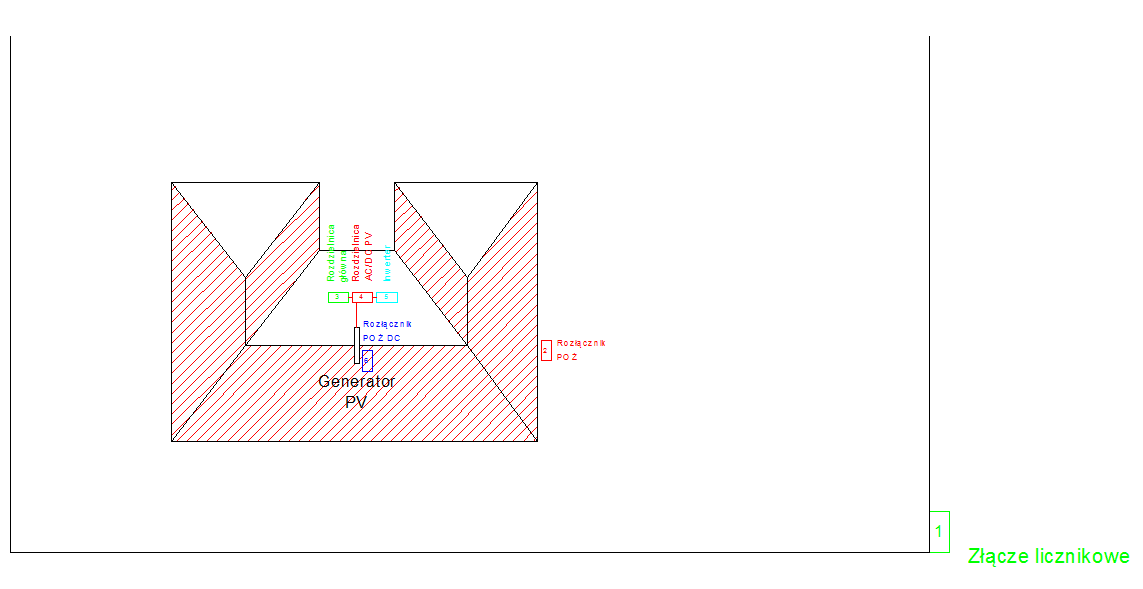
Obok inwertera zostanie zamontowana karta informacyjna systemu wraz z instrukcją eksploatacji systemu i procedurą załączania oraz wyłączenia instalacji z ruchu.

# Plan sytuacyjny - rozmieszczenie i opis elementów instalacji fotowoltaicznej

Poniżej pokazano rozkład modułów PV na dachu budynku i na gruncie.



Poniżej pokazano rozkład infrastruktury technicznej wewnątrz budynku.

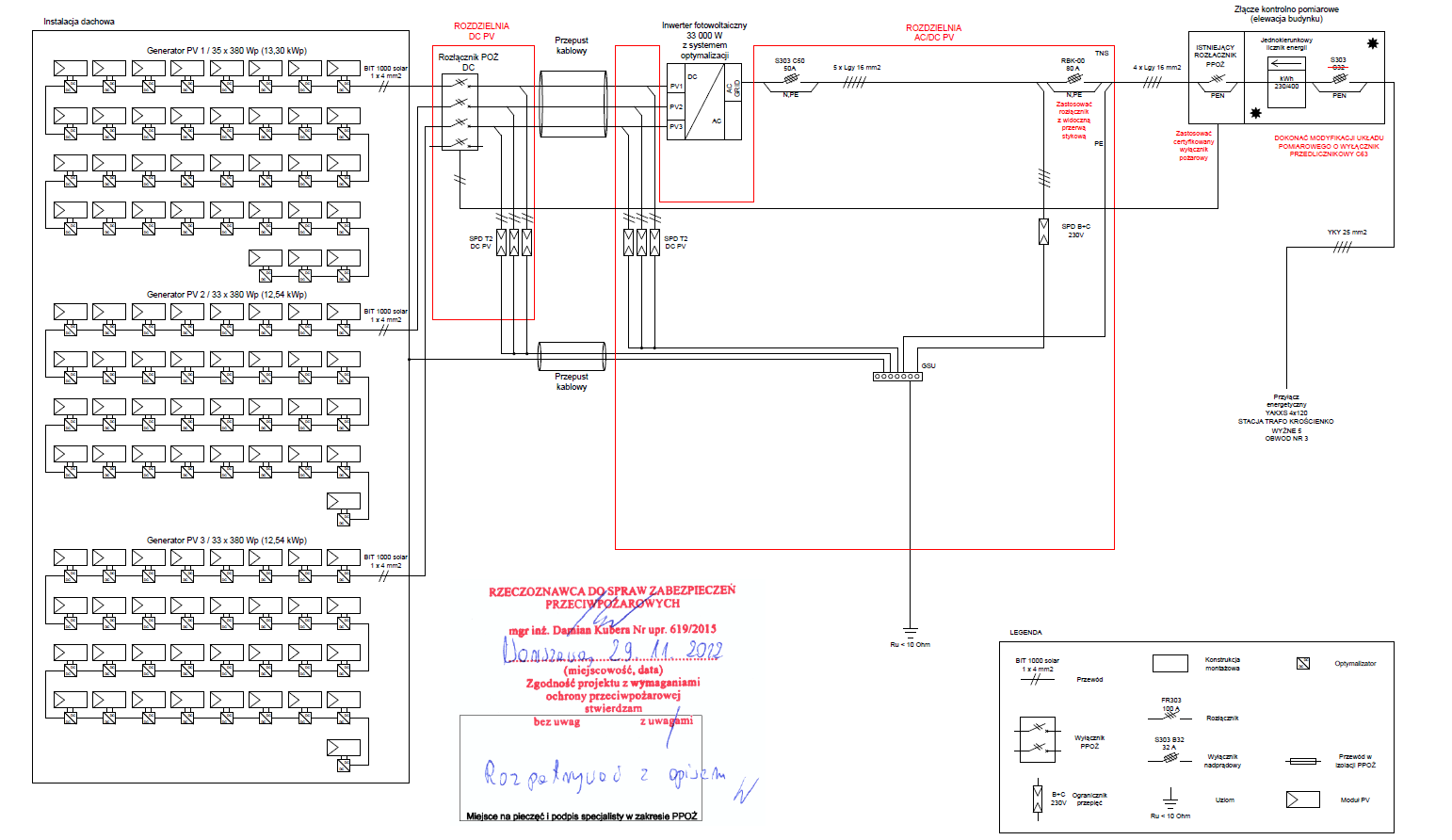


Okablowanie zasilające inwerter PV prowadzone w korycie metalowym do rozłączników POŻ DC, który w przypadku zadziałania na przycisk PPOŻ odłączą energię generatora od budynku w celu unieruchomienia instalacji oraz zaniku napięcia zasilania wewnątrz budynku umożliwiając przeprowadzenie akcji gaśniczej.

Rozłączni pożarowy umieszczony na elewacji budynku przy wejściu ozwala na wyłączenie rozłącznika DC pomiędzy generatorem i inwerterem oraz odłączenie napięcia AC od budynku, co powoduje odcięcie falownika od źródła zasilania oraz uniemożliwienie jego pracy w trybie OFF-GRID.

# Schemat przyłączenia instalacji PV do sieci elektroenergetycznej

Należy podłączyć system fotowoltaiczny zgodnie ze schematem poniżej. Schemat zamieszczony został w załączniku nr 1.



# Bezpieczeństwo podczas montażu

|  |  |
| --- | --- |
| uwaga.png | **Prace montażowe może wykonywać wyłącznie certyfikowany instalator systemów PV posiadający aktualne uprawnienia SEP na stanowisku eksploatacji w zakresie napięć do 1 kV.** |
|  |  |
| uwaga.png | **Połączenia przewodów stałoprądowych pomiędzy modułami,  a inwerterem należy wykonywać z ogromną dbałością, gdyż każde niedbałe połączenie może powodować powstanie łuku elektrycznego wydzielającego ciepło mogące być bezpośrednią przyczyną pożaru. Specyfika napięcia stałego, które w instalacji PV może osiągać wartość zbliżoną do 1000 V powoduje, że powstający w obwodzie łuk elektryczny nie gaśnie samoistnie.** |

|  |  |
| --- | --- |
| uwaga.png | **Prace na wysokościach może prowadzić wyłącznie personel  z aktualnymi badaniami wysokościowymi z zachowanie podstawowych zasad BHP.** |

|  |  |
| --- | --- |
| uwaga.png | **Projektowana instalacja fotowoltaiczna może być stosowana wyłącznie do celu, generowania energii elektrycznej na potrzeby budynku, którego obejmuje niniejsza dokumentacja. Wszelkie odstępstwa techniczne dotyczące montażu instalacji należy konsultować z autorem projektu.** |

# Dane techniczne inwertera

Inwerter fotowoltaiczny jest urządzeniem zamieniającym energię prądu stałego   
w energię prądu przemiennego dopasowanego do parametrów sieci energetycznej niskiego napięcia.

Do instalacji dobrano inwerter **o mocy wyjściowej 33 000 W pracujący w systemie z optymalizatorami mocy modułów PV**. Poniżej zamieszczono szczegóły techniczne dotyczące proponowanego urządzenia.

**Dane techniczne inwertera:**

Typ: Inwerter sieciowy

Moc [W]: 33000

Sprawność europejska [%]: 98

Sprawność maksymalna [%]: 98,3

Napięcie maksymalne [V]: 1000

Znamionowe napięcie wejściowe [V]: 750

Prąd maksymalny [A]: 25

Maksymalny prąd wyjściowy [A]: 48,3

Liczba faz: 3

# Dane techniczne modułów fotowoltaicznych

Do instalacji dobrano moduły fotowoltaiczne o mocy szczytowej 380 Wp i parametrach technicznych zamieszczonych poniżej.

Nominalna moc Pmax[W] 380

Prąd zwarcia [A] 11,47

Prąd w punkcie MPP [A] 10,93

Napięcie jałowe [V] 41,62

Napięcie w punkcie MPP [V] 34,77

Sprawność [%] >20,4

Wymiary [mm] 1776 x 1052 x 35

Waga [kg] 20,2

# Dane techniczne optymalizatora

Do instalacji dobrano optymalizator o mocy 440 W. Poniżej zamieszczono szczegóły techniczne dotyczące proponowanego urządzenia.

Moc [W]: 440

Sprawność europejska [%]: 98,6

Sprawność maksymalna [%]: 99,5

Napięcie maksymalne [V]: 60

Zakres napięcia MPPT [V]: 8-60

Prąd maksymalny [A]: 14,5

Maksymalny prąd wyjściowy [A]: 20

Masa [kg]: 0,655

Wymiary [mm]: 129 x 153 x 30

# System montażowy

Do instalacji dobrano system montażu dedykowany do montażu na dachu pokrytym blachodachówką. Przy montażu kierować się instrukcją montażową producenta konstrukcji wsporczej.

# Ochrona odgromowa

Nie projektuje się dodatkowej instalacji odgromowej z uwagi na lokalizację generatora w strefie osłonowej wyznaczonej przez istniejące elementy konstrukcyjne dachu oraz połączenie galwaniczne z konstrukcją pokrycia dachowego. Przewody DC generatora PV będą prowadzone parami, aby uniemożliwić powstawanie rozległych pętli indukcyjnych mogących podczas wyładowania stanowić źródło indukcji niebezpiecznych napięć przekraczających znamionowe wartości zabezpieczeń odgromowych oraz wytrzymałości izolacji przewodów. Przewody DC będą prowadzone równolegle z przewodem uziemiającym instalację fotowoltaiczną o powierzchni przekroju poprzecznego równej 25 mm2

# Ochrona przeciwprzepięciowa

Ochrona przeciwprzepięciowa realizowana jest za pomocą zestawu ochronników przeciwprzepięciowych po stronie napięcia stałego oraz zmiennego. Dobór parametrów oraz typów ochronników zamieszczono w kolejnym rozdziale. Dodatkowymi elementem ochrony przeciwprzepięciowej są uziemione połączenia wyrównawcze pomiędzy konstrukcjami modułów fotowoltaicznych oraz pomiędzy modułami. Należy to wykonać w następujący sposób:

* + - * połączyć przewodem min. 25 mm2 Cu elementy konstrukcji wsporczych paneli PV i ramę,
      * zapewnić galwaniczną ciągłość połączeń ram instalacji PV,
      * przewód uziemiający powinien być podłączony z główną szyną uziemiającą budynku na poziomie gruntu,
* przewód uziemiający powinien być prowadzony równolegle oraz możliwie blisko przewodów DC i AC oraz akcesoriów

Uzupełnieniem ochrony przeciwprzepięciowej są odpowiednio wykonane trasy kablowe uniemożliwiające powstawanie rozległych pętli indukcyjnych, a tym samym zapewniające ochronę przed przepięciami wywołanymi pobliskimi wyładowaniami piorunowymi.

1. **Zapewnienie ochrony przed prądem rewersyjnym w przypadku zacienienia, zasłonięcia**

Z uwagi na brak połączeń równoległych uniemożliwiających powstanie prądu rewersyjnego o wartości przekraczającej maksymalny prąd wsteczny modułów równy 15A nie projektuje się zabezpieczeń nadprądowych w gałęziach modułów. Moduły fotowoltaiczne zgodnie z kartą katalogową mają możliwość pracy przy prądzie maksymalnym o wartości 20A.

1. **Obliczenia techniczne - dobór parametrów instalacji**

Moduły fotowoltaiczne zestawiono w stringi zgodnie ze schematem z załącznika nr 1.

## dobór modułów fotowoltaicznych

Maksymalna możliwa moc sieci modułów fotowoltaicznych przyłączonych do proponowanego inwertera wynosi wg karty katalogowej 50 kWp. Do niezależnych wejść inwertera podłączono 3 gałęzie modułów:

* String 1

Łączna moc zainstalowana 35 modułów podłączonych do inwertera wynosi **13,30 kWp**.

* String 2

Łączna moc zainstalowana 33 modułów podłączonych do inwertera wynosi **12,54 kWp**.

* String 3

Łączna moc zainstalowana 33 modułów podłączonych do inwertera wynosi **12,54 kWp**,

Łączna moc zainstalowana 101 sztuk modułów podłączonych do inwertera wynosi **38,38 kWp**, czyli mieści się w dopuszczalnym zakresie mocy wejściowej zastosowanego urządzenia.

## obliczenie prądów i napięć modułów PV w skrajnych warunkach pracy instalacji

Zastosowane moduły fotowoltaiczne charakteryzują się zmiennością generowanego napięcia oraz prądu w zależności od zmian ich temperatury.

Współczynnik zmian napięcia obwodu otwartego w funkcji temperatury:

*UOC(T) = -0,27 %/°C*, czyli *UOC(T) = -113,21 mV/°C*

Współczynnik zmian prądu zwarcia w funkcji temperatury*:*

*ISC(T) = -0,044 %/°C*, czyli *ISC(T) = -5,05 mA/°C*

Zaprojektowana instalacja pozwala na stabilną pracę przy temperaturze maksymalnej otoczenia na poziomie +50°C oraz minimalnej -30°C. Temperatura modułów może sięgnąć nawet 75°C i dla takiej temperatury obliczono skrajną wartość napięcia i prądu. W odniesieniu do powyższych założeń obliczono parametry napięciowe i prądowe zastosowanych modułów PV w skrajnych warunkach:

* maksymalne napięcie obwodu otwartego:
* maksymalne napięcie w punkcie mocy maksymalnej:
* minimalne napięcie w punkcie mocy maksymalnej:
* maksymalne natężenie prądu zwarcia:

Każdy z modułów PV należy wyposażyć w niezależny optymalizator o maksymalnym zakresie napięcia wejściowego równym 60 V przekraczającym maksymalną wartość napięcia generowanego przez moduł PV.

## dobór przewodów podłączeniowych po stronie napięcia stałego

Przekroje przewodów w systemie okablowania dobrano z uwzględnieniem strat mocy na poziomie nie przekraczającym 1% mocy instalacji.

* String 1
* String 2
* String 3

Przyjęto przewody łączące generator PV z inwerterem o powierzchni przekroju poprzecznego równej 6 mm2 dla każdego ze stringów.

## dobór przewodów podłączeniowych po stronie napięcia zmiennego

Długość przewodów pomiędzy inwerterem, a rozdzielnicą główną wynosi 4 m.

Minimalny, wymagany przekrój żyły przewodu pod względem strat energii wynosi:

Z uwagi na maksymalny prąd wyjściowy inwertera projektuje się przewód o przekroju żyły 16 mm2 pomiędzy inwerterem, a rozdzielnią AC/DC/PV oraz przewód o przekroju żyły 16 mm2 pomiędzy rozdzielnicą AC/DC PV, a złączem licznikowym.

## dobór zabezpieczeń po stronie napięcia stałego

* **rozłączniki**

Podstawowy rozłącznik DC stanowi integralną część inwertera PV.

* **bezpieczniki nadprądowe**

Nie projektuje się bezpieczników nadprądowych w gałęziach DC z uwagi na maksymalny prąd modułów nie przekraczający maksymalnych wartości prądu elementów w torze DC (prąd wejściowy inwertera).

* **zabezpieczenia przeciwprzepięciowe**

Z uwagi na metalowe pokrycie dachu, a tym samym brak możliwości zapewnienia wymaganej odległości pomiędzy generatorem, a systemem odgromowym projektuje się ogranicznik DC T1+T2 zlokalizowane przy inwerterze oraz przy generatorze PV.

Napięcie długotrwałej pracy ograniczników przepięć powinno spełniać dla obu stringów warunek:

## dobór zabezpieczeń po stronie napięcia zmiennego

* **zabezpieczenia nadprądowe**

Maksymalny prąd wyjściowy proponowanego inwertera wynosi 48,25 A. Obciążalność długotrwała dobranego przewodu wynosi 82 A. Należy zastosować w obwodzie zasilania inwertera bezpiecznik nadprądowy o prądzie znamionowym C50.

* **zabezpieczenia przeciwprzepięciowe**

Należy zamontować ogranicznik przepięć instalacji AC typu T1+T2 w rozdzielnicy fotowoltaicznej zamontowanej przy inwerterze. Ogranicznik powinien obejmować swoją ochroną trzy przewody fazowe oraz neutralny.

# Uwagi i zalecenia techniczne

* Należy zapewnić rezystancję uziemienia niezbędną dla poprawnego działania ochrony przeciwprzepięciowej systemu fotowoltaicznego. W przypadku nie spełnienia tego warunku przez obecną instalację uziemiającą należy wykonać dodatkowe uziomy pionowe (pręty uziemiające) o długości zależnej od rezystywności gruntu (minimum 2,5 m).
* Należy stosować kable dedykowane do instalacji fotowoltaicznych ze względu na ich wzmocnioną izolację i odporność na promieniowanie UV.
* Moduły fotowoltaiczne zaleca się montować na dedykowanej, stabilnej konstrukcji wsporczej. Informacje na temat montażu konstrukcji wsporczych można znaleźć   
  w dokumentacji dostarczonej przez jej producenta.
* Należy wykonać połączenia wyrównawcze pomiędzy sąsiednimi modułami fotowoltaicznymi oraz pomiędzy pierwszym i ostatnim modułem w stringu,   
  a powierzchnią metalowego dachu oraz konstrukcją wsporczą. Połączenia wyrównawcze należy bezwzględnie uziemić poprzez połączenie z GSU za pomocą przewodu o przekroju 10 mm2.
* Należy stosować złącza po stronie DC wykonane w standardzie MC4, pochodzące od jednego producenta. Do zarabiania końcówek MC4, używać profesjonalnej dedykowanej prasy kablowej.
* **Należy wystąpić do OSD o określenie warunków technicznych zwiększenia mocy przyłączeniowej dla projektowanej instalacji fotowoltaicznej.**

# Wytyczne dotyczące instalacji zasilania elektrycznego budynku

Należy rozpatrywać schemat instalacji fotowoltaicznej określający przyłączenie jej do systemu elektroenergetycznego będący załącznikiem nr 1 do niniejszego opracowania w oparciu o warunki techniczne określone przez operatora sieci dystrybucyjnej. Należy dokonać niezbędnych modyfikacji układu zasilająco-pomiarowego zwracając uwagę na wartość zabezpieczenia przedlicznikowego oraz przekrój przewodu zasilającego obiekt.

# Załącznik 1 – schemat instalacji elektrycznej

# Załącznik 2 – rozkład modułów instalacji PV