

**Temat: WYTYCZNE INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ**

**Obiekt: Instalacja fotowoltaiczna na dachu/gruncie wg załącznika**

**Inwestor: Gmina Wiejska Aleksandrów Kujawski  
Ul. Słowackiego 17  
87-700 Aleksandrów Kujawski**

**Integralną częścią jest załącznik zatytułowany „AUDYT WYKONAWCZY”**

**Aleksandrów Kujawski, czerwiec 2020**

**[Redacted Signature]**

## Spis treści:

1. Część ogólna
  - 1.1. Przedmiot opracowania
  - 1.2. Podstawa opracowania
  - 1.3. Zakres opracowania
  - 1.4. Podstawa prawna
2. Część techniczna
  - 2.1. Charakterystyka instalacji fotowoltaicznej
  - 2.2. Wymagania dotyczące modułów fotowoltaicznych
  - 2.3. Wymagania dotyczące falowników
  - 2.4. Montaż paneli PV
  - 2.5. Montaż falownika (inwertera)
  - 2.6. Część DC instalacji fotowoltaicznej
  - 2.7. Część AC instalacji PV
  - 2.8. Uziemienie i połączenie wyrównawcze instalacji fotowoltaicznej
  - 2.9. Ochrona przeciwpożarowa instalacji fotowoltaicznej
  - 2.10. Ochrona przeciwprzepięciowa instalacji fotowoltaicznej
  - 2.11. Zespół zabezpieczeń falownika
  - 2.12. Ochrona zwarciodowa
  - 2.13. Układ rozliczeniowy instalacji fotowoltaicznej
3. Obliczenia
  - 3.1. Obciążenie znamionowe instalacji fotowoltaicznej
4. Zasady BHP
5. Konserwacja i przeglądy
6. Postanowienia końcowe
7. Załączniki

## 1. Część ogólna

### 1.1. Przedmiot opracowania

Przedmiotem niniejszego opracowania jest audyt wykonawczy przygotowujący do wykonania instalacji fotowoltaicznej do produkcji energii elektrycznej pochodzącej ze źródeł odnawialnych na potrzeby budynku zawartego w projekcie.

Inwestycja nie wpływa negatywnie na środowisko naturalne i zdrowie ludzi a strefa jej oddziaływania mieści się w całości na działce, na której została zlokalizowana.

### 1.2. Podstawa opracowania

Podstawą niniejszego opracowania w części formalnej jest umowa zawarta pomiędzy inwestorem a wykonawcą

### 1.3. Zakres opracowania

W zakres opracowania wchodzi sporządzenie wytycznych audytu wykonawczego mikroinstalacji fotowoltaicznej obejmującej m.in. dobór parametrów modułów, falownika, oraz określenie zasad doboru pozostałych elementów

### 1.4. Podstawa prawna

Audyt mikroinstalacji fotowoltaicznej został opracowany na podstawie regulacji prawnych:

- a) *Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii* z późniejszymi zmianami (tekst jednolity poz. 1296 z dnia 29.06.2018 r.)
- b) *Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. Prawo energetyczne* z późniejszymi zmianami (tekst jednolity Dz.U. z 2018 r. poz. 755, 650, 685, 771, 1000, 1356, 1637),
- c) *Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane* z późniejszymi zmianami (Dz. U. z 2018 r. poz. 1202, 1276),
- d) *Instrukcja Ruchu i Eksploatacji Sieci Dystrybucyjnej* odpowiednia dla przypisanego względem lokalizacji (adres montażu mikroinstalacji PV) Operatora Systemu Dystrybucyjnego.

## 2. Część techniczna

### 2.1. Charakterystyka instalacji fotowoltaicznej

Instalacja fotowoltaiczna o mocy docelowej określonej każdorazowo w audycie wykonawczym.

Mikroinstalację fotowoltaiczną należy zamontować z wykorzystaniem ogólnodostępnej konstrukcji systemowej, dedykowanej dla:

- Konkretnego pokrycia dachowego
- Instalacji naziemnej

System montażowy powinien być dobrany do warunków zewnętrznych charakterystycznych dla konkretnej lokalizacji (wytrzymałość na obciążenia), nie powinien ingerować w poszycie dachu (w przypadku instalacji dachowej) i każdorazowo powinien być montowany zgodnie z zalecenie producenta.

Konstrukcja pod panele słoneczne musi być wykonana z materiałów odpornych na szkodliwe działanie czynników zewnętrznych (atmosferycznych), m.in. na korozję.

Moduły PV należy połączyć ze sobą w odpowiednio dobrane łańcuchy (stringi). Należy używać złączy PV tego samego producenta.

Każdorazowo wykonawca instalacji fotowoltaicznej na własny koszt określa możliwość montażu instalacji na dachu budynku w szczególności należy zwrócić uwagę na dodatkowe obciążenie w przypadku zastosowania konstrukcji balastowych.

## 2.2. Wymagania dotyczące modułów fotowoltaicznych:

- Wymagania stawiane modułom fotowoltaicznym:

Parametr		Wartość
Moc nominalna	Pmax	Min. 350 Wp
Typ modułu	-	Monokrystaliczne Halfcut
Maksymalne napięcie pracy	VDC	
Szerokość modułu	-	1035 mm +_ 22mm
Wysokość modułu	-	1740 mm+- 45 mm
Waga	-	Maks. 20 kg
Odporność na obciążenia, nacisk	-	Min. 5400 Pa
Sprawność modułu		Min. 19,3 %
Współczynniki temperaturowe		
Gwarancja Produktowa		12lat
Liniowa gwarancja mocy	Lata	25 lat
Zgodność z normami, z dyrektywami	-	PN-EN 61215 (moduły z krzemy krystalicznego 2014/35/EU)

- Ponadto do celów przyjęto parametry:

Parametr		Wartość
Napięcie nominalne modułów	Vmpp	Min 31,8V
Napięcie przy otwartym obwodzie	Vcc	Max 40,9 V
Prąd nominalny modułów	Impp	Min 10,0 A
Prąd zwarcia	Ic	11,2 A

### **2.3. Wymagania dotyczące falownika**

- moc wyjściowa falownika powinna być zbliżona do łącznej mocy znamionowej modułów fotowoltaicznych (odchylenie mocy falownika w stosunku do łącznej mocy znamionowej modułów fotowoltaicznych należy przyjmować wg zaleceń producenta urządzenia),
- falowniki trójfazowe, beztransformatorowe,
- stopień ochrony: min. IP. 65,
- połączenie z Internetem przez Ethernet lub Wifi
- gwarancja min. 10 lat,
- zakres temperatury pracy: - 25 .....+ 60 C,
- zgodność z normą PN-EN 50438 i dyrektywami: 2014/35/UE, 2014/30/UE

### **2.4. Montaż paneli PV**

Podczas pracy na modułach fotowoltaicznych, na które pada promieniowanie słoneczne instalator pracuje na generujących napięcie urządzeniach. Gdy tylko światło pada na moduł fotowoltaiczny, na wtyczkach kabli modułu i/lub podłączonego obwodu zawierającego kilkanaście modułów można spodziewać się pełnego napięcia. Im więcej modułów jest połączonych szeregowo, tym wyższe napięcie występuje na wtyczkach obwodu. Suma napięć modułów połączonych w szeregu jest równa całkowitemu napięciu obwodu. Maksymalne dopuszczalne napięcie generatora fotowoltaicznego nie może przekraczać maksymalnego dopuszczalnego napięcia inwertera ( **do 1000 V DC**).

Należy sprawdzić techniczne możliwości montażu paneli PV, wizualizacja montażu zawarta w audycie wykonawczym jest zaleceniem montażu, rozmieszczanie należy uzgadniać szczegółowo z właścicielem obiektu na którym zostanie zamontowana instalacja fotowoltaiczna.

Montaż i obsługa modułów fotowoltaicznych powinny być wykonywane przez osoby posiadające:

- Aktualne świadectwo kwalifikacyjne, uprawniające do zajmowania się eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci elektroenergetycznych na stanowisku dozoru i eksploatacji, wydawane na podstawie Rozporządzenia Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 28 kwietnia 2003 r. w sprawie szczegółowych zasad stwierdzania posiadania kwalifikacji przez osoby zajmujące się eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci (Dz. U. 2003 r. Nr. 89, poz. 828 z późn. zm.) lub
- Certyfikat Instalatora Mikroinstalacji i Małych Instalacji wydany przez Prezesa Urzędu Dozoru Technicznego zgodnie z ustawą z dnia 26 lipca 2013 r. o zmianie ustawy – Prawo energetyczne oraz niektórych innych ustaw (Dz. U. 2013 poz 984).
- Oraz osoby z doświadczeniem i wiedzą techniczną w zakresie montażu, obsługi i eksploatacji systemów fotowoltaicznych.

Osoba dokonująca montażu i obsługi przejmuje na siebie ryzyko doznania uszczerbku na zdrowiu lub zniszczenia własności, które może zaistnieć podczas tych czynności.

Moduły fotowoltaiczne powinny zostać zamontowane na systemie montażowym, zachowującym równoległości, oraz prostopadłości pomiędzy profilami i uchwytami w nim zastosowanymi:

- Wszystkie profile konstrukcji powinny być ze sobą metaliczne połączone, za pomocą łączników/ płaskowników LgY min. 16 mm<sup>2</sup>.
- Należy uwzględnić możliwość wydłużenia się profili metalowych przy wysokich temperaturach, w tym celu należy pozostawić odstęp między dwoma profilami, odpowiedni dla rozszerzalności cieplnej materiału, z którego pozostaje wykonany,
- W przypadku montażu na dachu, należy zachować odpowiednią przestrzeń między poszyciem dachu a modułami, aby zapewnić prawidłową cyrkulację powietrza (min. 10 cm),
- Odstępy między modułami wyznaczają zaciski mocujące (klemy); dodatkowo z każdej strony rzędu modułów profil, do którego są one mocowane, powinien być dłuższy o min. 2,5 cm od posadowienia klemy końcowej,
- Profile nośne konstrukcji montażowej należy umieścić w odległości między  $\frac{1}{4}$  a  $\frac{1}{8}$  długości boku modułu,
- Zaciski mocujące (klemy) należy montować na dłuższej krawędzi modułu,
- Zaciski mocujące (klemy) oraz poszczególne elementy konstrukcji należy dokręcać z siłą zgodną ze specyfikacją producenta,
- Połączenie szeregowe lub równoległe paneli odpowiednio zwiększa napięcie lub natężenie.

**Wykonawca przed montażem elementów instalacji fotowoltaicznej ma obowiązek zweryfikować nośność konstrukcji dachu, na którym będą usytuowane moduły fotowoltaicznej, w celu zapewnienia bezpieczeństwa użytkowania obiektu.**

**Moduły PV wytwarzają prąd stały. Bezpośredni kontakt z częściami czynnymi modułu, takimi jak np. złącza konektorów na zakończeniach przewodów, może powodować porażenie!**

**Ryzyko porażenia występuje zawsze, niezależnie od ilości modułów ze sobą połączonych.**

#### 2.5. Montaż falownika (inwertera)

Falownik (1 szt.) został zaprojektowany do pracy systemu fotowoltaicznego z siecią zewnętrzną (on-grid) i nie jest przystosowany do pracy samodzielnej (wyspowej), bez sieci zewnętrznej operatora. Falownik monitoruje sieć zewnętrzną i w przypadku wykrycia zakłócenia (wyłączenie itp.) wyłączy się automatycznie odcinając dopływ prądu do sieci. Falownik jest w pełni automatycznym urządzeniem, załącza się samoczynnie w momencie rozpoczęcia pracy przez panele PV, a wyłącza w momencie wykrycia niedostatecznych parametrów zasilania z modułów fotowoltaicznych. Po uruchomieniu próbnym mikroinstalacji należy wykonać połączenia inwertera z siecią internetową oraz

zarejestrować go na portalu służącym do monitorowania pracy mikroinstalacji. Doprowadzenie sieci internetowej leży po stronie Użytkownika mikroinstalacji PV. Falownik zabudować w budynku, w miejscu dogodnym dla Użytkownika instalacji, pamiętając o zachowaniu maksymalnego 1% spadku napięcia na przewodach DC i AC. Możliwe jest zamontowanie falownika na zewnątrz budynku.

#### **Zalecenia dla montażu:**

- Pomieszczenie:
  - możliwie suche, dobrze klimatyzowane, ciepło odpadowe musi być odprowadzane z falownika,
  - niezakłócona cyrkulacja powietrza,
  - podczas montażu w szafie rozdzielczej zapewnić wystarczające odprowadzenie ciepła przez wentylację wymuszoną,
  - jeżeli falownik jest narażony na działanie agresywnych gazów, należy go montować w sposób zapewniający stałą widoczność,
  - dobry dostęp od przodu i z boków bez dodatkowych pomocy,
  - w przypadku eksploatacji na zewnątrz pomieszczeń zapewnić ochronę przed negatywnymi skutkami warunków atmosferycznych takimi jak słońce, deszcze i śnieg.
- Ściana lub konstrukcja montażowa:
  - dostatecznej nośności,
  - dostępna do prac montażowych i konserwacyjnych,
  - z materiału trudno palnego,
  - należy przestrzegać minimalnych odstępów montażowych.

### **2.6. Część DC instalacji fotowoltaicznej**

Połączenia poszczególnych grup modułów do falownika zostaną zrealizowane za pomocą kabli dedykowanych dla instalacji stało prądowych fotowoltaicznych typu PV1-F o przekroju żył dobranych do długości instalacji oraz natężenia prądu. Kable łączące poszczególne moduły fotowoltaiczne będą mocowane do konstrukcji wsporczej samych modułów fotowoltaicznych. Kable pomiędzy łączeniami modułów PV a falownikiem prowadzić na trasach kablowych osłoniętych za pomocą rur osłonowych lub korytek kablowych, przy czym rury osłonowe lub korytka kablowe muszą być przystosowane do pracy w warunkach zewnętrznych i być odporna na promieniowanie UV. Ewentualne przejścia kabli przez dach oraz elewację budynku zostaną odpowiednio zabezpieczone przed możliwością przeniknięcia wody.

Aby uniknąć pętli, przewody (+ i -) należy układać razem. Jeśli to możliwe, dach powinien zostać przewiercony tylko w jednym miejscu. Przekroje przewodów należy dobierać tak, aby ograniczyć spadek napięcia poniżej 1%.

### **2.7. Część AC instalacji PV**

Za falownikiem w rozdzielnicy zamontować wyłącznik nadprądowy oraz zabezpieczenie różnicowo – prądowe dobrany do mocy falownika. W rozdzielnicy głównej budynku zamontować wyłącznik nadprądowy dobrany do mocy falownika. Połączenie pomiędzy falownikiem a rozdzielnicą główną wykonać za pomocą przewodu odpowiednio dobranego. W przypadku, gdy budynek, na którym wykonywana jest instalacja fotowoltaiczna nie posiadaj rozdzielnicy, należy taką zabudować i wyposażać w odpowiednie zabezpieczenia. Przekroje przewodów należy dobierać tak, aby ograniczyć spadek napięcia poniżej 1%.

## **2.8. Uziemienie i połączenie wyrównawcze instalacji fotowoltaicznej**

W celu wyrównania potencjałów ram i konstrukcji mikroinstalacji PV należy wykonać połączenia wyrównawcze, których odprowadzenie należy poprowadzić do uziemienia mikroinstalacji fotowoltaicznej za pomocą przewodu LgY min.  $16 \text{ mm}^2$  Cu wykonaną na zewnątrz budynku. Przewody te należy prowadzić równolegle i jak najbliżej przewodów instalacji AC i DC. Wartość rezystencji uziemienia nie powinna być większa niż  $10\Omega$ .

W przypadku, gdy budynek jest wyposażony w instalację odgromową i niezachowane zostaną wystarczające odstępy izolacyjne (min. 50 cm) między mikroinstalacją PV a elementami instalacji odgromowej, aby zabezpieczyć generator fotowoltaiczny przed przeskokami ładunków elektrycznych z instalacji odgromowej, należy wykonać połączenie wyrównawcze pomiędzy układem modułów a najbliższym układem zwodów. Dodatkowo należy wykonać połączenie wyrównawcze pomiędzy ramą modułów a GSW budynku. W przypadku, gdy dach budynku pokryty jest blachą należy wykonać dwa zwody pionowe elewacji budynku połączone do pokrycia dachowego wykorzystując w ten sposób zwód naturalny w postaci dachu.

Dodatkowym zabezpieczeniem przed prądem piorunowym będzie ogranicznik przepięć klasy T1+T2. Jeżeli budynek ma instalację odgromową, rozdzielnica główna budynku powinna być wyposażona w ogranicznik przepięć klasy T1+T2.

Należy pamiętać o dobraniu odpowiedniej ilości ograniczników przepięć w zależności od odległości instalacji pomiędzy falownikiem z generatorem PV.

## **2.9. Ochrona przeciwporażeniowa instalacji fotowoltaicznej**

Urządzenia PV strony DC należy traktować, jako urządzenia pod napięciem nawet, jeśli układ jest odłączony od strony AC.

Zastosowany falownik uniemożliwia przepływ prądu zwarcia DC do instalacji elektrycznej, dlatego też dodatkowy wyłącznik różnicowoprądowy typu B po stronie AC w tym przypadku nie jest wymagany, aby wyeliminować prądy upływu wykorzystuje się zabezpieczenie różnicowo – prądowe typu A. Wyłącznik różnicowo – prądowy należy dostosować do wymagań producenta falownika.

Po stronie AC ochrona przeciwporażeniowa realizowana jest poprzez samoczynne szybkie wyłączenie zasilania.

#### **2.10. Ochrona przeciwprzepięciowa instalacji fotowoltaicznej**

Ochronę przed wydrukowanymi przepięciami spowodowanymi wyładowaniami atmosferycznymi należy zaprojektować stosując ograniczniki przepięć klasy T1+T2. Są to ograniczniki przepięć dedykowane do instalacji fotowoltaicznych. Ochronnik przepięć instalacji PV zostanie zabudowany w skrzynce przyłączeniowej przed falownikiem. W przypadku, gdy długość przewodów pomiędzy modułami fotowoltaicznymi a falownikiem DC/ AC przekracza 10 m, należy zainstalować ogranicznik przepięć klasy T1+T2 przy modułach oraz drugi ogranicznik przepięć tego samego typu w pobliżu falownika. Do uziemienia ograniczników przepięć należy stosować przewód miedziany o przekroju min. 16 mm<sup>2</sup>.

Należy pamiętać, aby stronę AC również zabezpieczyć ogranicznikiem przepięć, przeznaczonym dla montażu po stronie AC.

#### **2.11. Zespół zabezpieczeń falownika**

Falownik powinien posiadać zabudowany w sobie zespół zabezpieczeń, które można odpowiednio nastawić w zależności od wymagań operatora sieci. Falownik powinien również posiadać zabudowane w sobie zabezpieczenia przed pracą wyspowa dla instalacji fotowoltaicznej. Jeżeli falownik nie posiada rozłącznika po stronie DC, należy go zamontować.

#### **2.12. Ochrona zwarcia**

Po stronie AC ochronę zwarciovą zaprojektować poprzez wyłącznik nadprądowy dobrany do mocy falownika, który należy zainstalować na przyłączach do zacisków AC.

W pomieszczeniach kable zostaną rozprowadzone za pomocą korytek kablowych. Falownik należy połączyć z rozdzielnią główną budynku za pomocą kabla YKYżo lub YDYżo o przekroju dobranym do mocy oraz odległości do rozdzielni. Strona zmiennoprądowa (AC) falownika zostanie w rozdzielnicy głównej budynku zabezpieczona wyłącznikiem nadprądowym dobranym do mocy falownika.

#### **2.13. Układ rozliczeniowy instalacji fotowoltaicznej**

Dla realizowanej instalacji fotowoltaicznej pomiar wyprodukowanej energii elektrycznej zostanie wykonany poprzez urządzenia wewnętrzne zabudowane bezpośrednio w falowniku. Rozliczenie z Operatorem odbywać się będzie za pomocą licznika czterokwadratowego. Wymiana licznika należy po stronie OSD.

### **3. Obliczenia**

### 3.1. Obliczenia znamionowe instalacji fotowoltaicznej

Przykład :

Typ napięcia: 3 – fazowa

Napięcie zasilania:  $U=0,4 \text{ KV} = 400 \text{ V}$

Prąd obciążenia:  $I_B$  = maksymalny prąd wyjściowy po stronie AC falownika = 9,1A

Zabezpieczenie kabla odpływowego z falownika stanowić będzie wyłącznik nadprądowy typu S303 B10A.

Obciążalność prądowa długotrwała kabla typu YKYżo/ YDYżo 5x4 mm<sup>2</sup> wynosi 27 A.

Sprawdzenie doboru kabla i zabezpieczeń:

$$[1] I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$[2] I_2 \leq 1,45 \times I_Z$$

gdzie:

- $I_B$  – maksymalny prąd wyjściowy po stronie AC falownika
- $I_N$  – prąd znamionowy urządzenia zabezpieczającego przed przeciążeniem
- $I_Z$  – obciążalność prądowa długotrwała przewodu
- $I_2$  – prąd zadziałania urządzenia zabezpieczającego przed przeciążeniem  $I_2$  jest równe odpowiednio 1,6 dla wkładek bezpiecznikowych i 1,45 dla wyłączników nadprądowych o charakterze B, C, D.

$$I_B = 9,1 \text{ A}$$

$$I_N = 10 \text{ A}$$

$$I_Z = 21,3 \text{ A}$$

$$I_2 = 1,4 \times 10 \text{ A} = 14,5 \text{ A}$$

$$I_B = 9,1 \text{ A} \leq I_N = 10 \text{ A} \leq I_Z = 21,3 \text{ A} - \text{warunek [1] spełniony}$$

$$I_2 = 14,5 \text{ A} \leq 1,45 \times 21,3 \text{ A} = 30,9 \text{ A} - \text{warunek [2] spełniony}$$

### 4. Zasady BHP

Pojedynczy panel może generować napięcie prądu stałego powyżej 30 V przy wystawieniu na światło, niezależnie od jego nasilenia. Kontakt z napięciem prądu stałego wynoszący 30 V lub więcej może być niebezpieczny. Zagrożenia przy pracy z napięciem DC.

Łuk elektryczny – prąd stały DC jest w stanie wytworzyć dużo dłuższy łuk elektryczny niż prąd zmienny (o długości np. 1 cm przy około 200 V DC). Łuk pojawia się przy rozłączaniu

pracującego obwodu. Do odłączania paneli od inwertera służą dedykowane do instalacji PV rozłączniki DC. Fotowoltaiczne złączki – nie wolno ich rozłączać pod obciążeniem, bo pojawiający się łuk wypali styki, albo przepalone i nie wymienione będą się grzać co też może doprowadzić aż do pożaru. Złącza muszą być suche i czyste.

Porażenie prądem stałym DC – przy pracy z nim należy zachować szczególną ostrożność, zwłaszcza przy napięciach rzędu kilkuset wolt, jakie występują po stronie DC instalacji fotowoltaicznej. Porażenie prądem stałym jest bardziej niebezpieczne od porażenia prądem zmiennym, w którym intensywność uszkodzeń zależy od wysokości napięcia elektrycznego prądu oraz oporu elektrycznego. Odczuwalne objawy zależne są od wartości natężenia prądu stałego. Przy przepływie prądu stałego o natężeniu do 2mA nie są odczuwalne żadne objawy oraz brak jest zmian w układzie nerwowym. Jednak długotrwałe działanie takiego prądu może doprowadzić do zatrucia organizmu, spowodowanego rozkładem płynów ustrojowych na drodze elektrolizy. Przy wartości 30mA (u kobiet 20mA) jest jeszcze możliwość samouwolnienia od elektrod, mimo pojawiających się już bolesnych skurczów mięśni rąk. Wraz ze wzrostem natężenia prądu pojawiają się zaburzenia rytmu serca. Gdy natężenie prądu wynosi ponad 30mA, a czas przepływu prądu jest dłuższy niż 2 minuty, może pojawić się fibrylacja komór serca, utrata przytomności oraz oparzenia skóry. Intensywność oparzenia skóry zależna jest od czasu działania prądu na organizm oraz gęstości prądu. Mogą pojawić się pęcherze na skórze w miejscu działania prądu, ale także zwęglenie skóry, martwica skóry, martwica mięśni i nerwów oraz naczyń krwionośnych. W groźniejszych przypadkach może dojść do uszkodzenia narządów wewnętrznych, zatrzymania krążenia i oddechu. Po porażeniu prądem nawet już po odłączeniu źródła prądu, mogą pojawić się objawy wstrząsu pourazowego, jak blada, zimna skóra, zlewne poty, dreszcze, przyspieszone tętno oraz lęk.

- Aby uniknąć wyładowań łukowych, nie należy rozłączyć paneli pod obciążeniem.
- Nie należy wkładać elementów przewodzących prąd do gniazd i wtyczek
- Nie należy montować paneli słonecznych oraz okablowania używając mokrych gniazd i wtyczek,
- Panele fotowoltaiczne można wyłączyć jedynie poprzez trzymanie ich w całkowitej ciemności lub przykrycie ciemnym, nieprzepuszczającym światła materiałem. Przy pracy z nieprzykrytymi panelami należy stosować przepisy bezpieczeństwa dotyczące sprzętu elektrycznego pod napięciem.

UWAGA !

**Wyłączenie inwertera i zatrzymanie poboru prądu z systemu fotowoltaicznego nie likwiduje napięcia na instalacji!**

- Aby uniknąć porażenia elektrycznego, podczas montażu lub naprawy systemów fotowoltaicznych nie należy nosić metalowych pierścionków, pasków do zegarków, kolczyków w uszach, nosie lub ustach lub innych urządzeń metalowych.
- Należy używać wyłącznie zaizolowanych narzędzi, które posiadają niezbędne atesty do użytkowania przy instalacjach elektrycznych do 1000V. Należy przestrzegać przepisów bezpieczeństwa dotyczących wszelkich komponentów wykorzystanych w systemie fotowoltaicznym, a w szczególności instalacji elektrycznych, kabli, złącz, regulatorów ładowania, falowników, akumulatorów i baterii.
- Należy używać wyłącznie sprzętu, złącz, okablowania i stelaży przeznaczonych do elektrycznych systemów słonecznych. W ramach jednego systemu fotowoltaicznego należy zawsze używać paneli tego samego typu.
- Nie należy samodzielnie próbować naprawiać jakiegokolwiek części panelu fotowoltaicznego.
- W przypadku gaszenia obiektów z instalacją fotowoltaiczną należy podjąć środki zapobiegawcze jak w przypadku gaszenia pomieszczeń/ obiektów, w którym znajdują się urządzenia pod napięciem (np. akumulatorowni), przede wszystkim odłączyć instalację PV od zewnętrznej sieci elektrycznej oraz odłączyć moduły od falownika.
- Należy przestrzegać odpowiednie przepisy BHP dotyczące bezpieczeństwa pracy na dachu. W razie potrzeby obszar inwestycji należy zabezpieczyć barierkami, aby uniknąć uszkodzeń przez spadające elementy. Podczas pracy na dachu muszą być przestrzegane środki bezpieczeństwa zgodnie z odpowiednimi przepisami (wykorzystanie szelek bezpieczeństwa, rusztowań, itp.)
- Podczas instalacji i konserwacji modułów fotowoltaicznych, należy postępować zgodnie z obowiązującymi przepisami budowlanymi i ogólnymi zasadami technicznymi. Należy stosować się do ogólnych przepisów BHP określających: prace na rusztowaniach, uszczelnianie dachów i prace na dachach.

## **5. Konserwacja i przeglądy**

Zaleca się, aby instalacja fotowoltaiczna była monitorowana pod kątem uzysków energetycznych przez cały okres eksploatacji. Zaleca się przegląd pracującej instalacji fotowoltaicznej, w następujących okresach:

- Miesięcznym – oględziny wizualne – ocena pod względem zanieczyszczeń lub widocznych, mechanicznych uszkodzeń, np. szyby, ramy, konstrukcji montażowej;
- Półrocznym – przegląd urządzeń pod względem występowania w nich wody, insektów, sprawdzenie bezpieczników, przewodów;
- Pięcioletni – wykonanie pełnych okresowych pomiarów elektrycznych wg obowiązujących norm.

Dodatkowo po występowaniu anomalii pogodowych (gradobicia, wichury, burze) każdorazowo należy dokonać oględzin wizualnych.

W celu prawidłowej eksploatacji zabezpieczeń elektrycznych zaleca się wymuszenie zadziałania wyłącznika różnicowo – prądowych przez wciśnięcie przycisku test raz na pół roku.

W przypadku wykrycia jakichkolwiek nieprawidłowości należy przerwać pracę systemu i usunięcia nieprawidłowości/ uszkodzenia. Naprawy mogą być wykonywane jedynie przez osoby posiadające odpowiednią wiedzę, doświadczenie i kwalifikacja potwierdzone stosowanymi uprawnieniami (patrz pkt. 2.4)

W trakcie opadów śniegu należy zadbać o regularne odśnieżanie dachu, aby nie dopuścić do przekroczenia dopuszczalnych obciążeń.

#### Mycie modułów:

- Zabronione jest stosowanie myjek ciśnieniowych,
- Nie należy używać szorstkich gąbek lub narzędzi, które mogłyby zarysować powierzchnie modułu,
- Należy stosować wyłącznie miękką wodę o niskim stężeniu minerałów, bez dodatków detergentów. Mycie modułów twardą wodą będzie powodować powstawanie smug, które ograniczą światło przepuszczalność,
- Powinno się unikać mycia modułów podczas słonecznych dni. Dodatkowo mycie najlepiej wykonać rano, gdy moduły PV są chłodne,
- Zaleca się mycie z częstotliwością 2 razy w roku, głównie po okresach pylenia drzew i nawożenia roślin,
- Nie należy chodzić po modułach, gdyż może to stać się przyczyną powstania niewidocznych gołym okiem mikropęknięć w ogniwach fotowoltaicznych,
- Nie należy usuwać zamrożonej warstwy śniegu lub lodu z powierzchni modułu, gdyż może to skutkować zarysowaniami. Można jedynie usunąć lekki śnieg za pomocą miękkiej szczotki, aby zwiększyć wydajność,
- Nie należy dotykać części przewodzących prąd elektryczny,
- Nie należy czyścić paneli z uszkodzoną, pękniętą powierzchnią lub przewodów ze zdartą warstwą ochronną. Może to spowodować uszkodzenia elektryczne albo skutkować porażeniem.

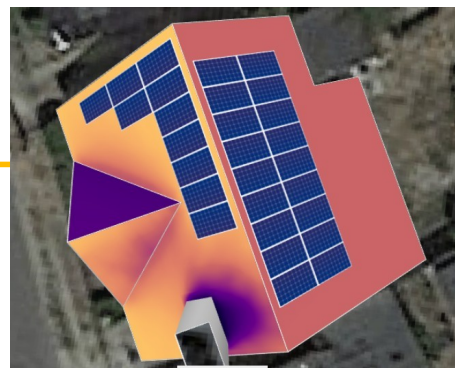
## 6. Postanowienia końcowe:

Niniejsze opracowanie nie może być podstawą roszczeń do opracowującego w żadnym stopniu. Opracowanie ma na celu dobór mocy generatora PV oraz wskazanie najkorzystniejszej połąci. Elementy ujęte w opisie, nieujęte na rysunkach lub ujęte na rysunkach, nieujęte w opisie należy traktować w taki sposób, jakby były ujęte w obu częściach (rysunkowej i opisowej). Wykonawca może wprowadzić alternatywne rozwiązania pod warunkiem ich wcześniejszego przedłożenia Inwestorowi oraz uzyskania od Inwestora i Projektanta ich pozytywnej akceptacji (w tej sytuacji w przypadku wskazań w niniejszym opracowaniu nazw własnych, materiałów, urządzeń i przyjętych technologii należy je rozumieć, jako określenie minimalnych wymagań, parametrów technicznych lub jakościowych). W przypadku błędu, pomyłki lub wątpliwości interpretacyjnych niniejszej dokumentacji, Wnioskodawca przed złożeniem oferty zobowiązany jest je wyjaśnić z Inwestorem, który jako jedyny jest upoważniony do wprowadzania zmian, rozstrzygając na swoją korzyść wszystkie kwestie sporne.

Wszystkie instalacje powinny być wykonane zgodnie z zasadami dobrego wykonawstwa oraz spełniać obowiązujące przepisy i normy. Urządzenia należy montować zgodnie z zaleceniami producentów. Użytkowanie wszelkich urządzeń elektrycznych dopuszczalne jest po wykonaniu badań i prób z wynikiem pozytywnym. Instalacje w budynku i po za nim powinny być poddane szczegółowym oględzinom i próbom, obejmującym niezbędny zakres pomiarów w celu sprawdzenia, czy spełniają wymagania dotyczące ochrony ludzi, zwierząt i mienia przed zagrożeniami, których mogą stać się przyczyną. Osoby wykonujące pomiary powinny posiadać odpowiednie kwalifikacje, potwierdzone uprawnieniami do wykonania badań. W czasie wykonania prób należy zachować szczególną ostrożność, celem zapewnienia bezpieczeństwa ludzi i uniknięcia uszkodzeń obiektu lub zainstalowanego wyposażenia.

W przypadku wejścia w życie nowych wymagań oraz zmian w Instrukcjach Ruchu i Eksploatacji Sieci Dystrybucyjnej projektowane urządzenia muszą spełniać nowe warunki, od chwili wprowadzenia ich w życie.

Opracował:  
Rafał DabSKI  
Uprawniony Instalator OZE  
Uprawnia elektroenergetyczne z pomiarami  
Nr EI/707/7336/19 Nr EI/707/7337/19



# AUDYT WYKONAWCZY

## INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ ON-GRID

**Nazwa instalacji:** Instalacja fotowoltaiczna o mocy 9.8 kW  
**Moduły fotowoltaiczne:** 28szt. 350Wp Monokrystaliczne HalfCut PERC  
**Falownik:** 8-10kW 1szt. ,2xMPPT, Wifi

**Inwestor:**



**Adres inwestycji:**

Odolion, Ul. Dworcowa 20  
gm. Aleksandrów Kuj.

**Projektant:**

**Nr uprawień projektanta:**

OZE-A/07/00075/19/00412/2020/06  
D1/707/7337/19 E1/707/7336/19

**Data wykonania projektu:**

29.06.2020r.

# Spis treści

---

1. Opis techniczny	str. 3
1.1. Opis projektowanych rozwiązań	str. 3
1.2. Moduły fotowoltaiczne	str. 3
1.3. Falownik	str. 4
1.4. Konfiguracja systemu fotowoltaicznego	str. 4
1.5. Zabezpieczenia instalacji fotowoltaicznej	str. 7
1.6. Instalacja odgromowa, ograniczniki przepięć, uziemienie i połączenia wyrównawcze	str. 7
1.7. Zabezpieczenie przed przepięciami	str. 8
1.8. Inne zabezpieczenia	str. 9
1.9. Przewody fotowoltaiczne	str. 9
1.10. Konstrukcja montażowa	str. 10
2. Uzysk energii elektrycznej z instalacji fotowoltaicznej	str. 10
3. Efekt ekologiczny	str. 11
4. Ochrona przeciwpożarowa	str. 12
5. Ochrona przeciwporażeniowa	str. 12
6. Planowany przebieg prac montażowych	str. 12
7. Zestawienie elementów projektowanego systemu fotowoltaicznego	str. 13

# 1. Opis techniczny

## 1.1. Opis projektowanych rozwiązań

Projektowane moduły fotowoltaiczne zamontowane zostaną na dedykowanej konstrukcji montażowej. Połączone ze sobą moduły przyłączone zostaną do falownika za pomocą przewodu w podwójnej izolacji, odpornego na promieniowanie UV oraz zmienne warunki atmosferyczne, dedykowanego do zastosowań fotowoltaicznych. Falownik zabudowany zostanie w szafie zabezpieczającej przed zniszczeniem, wpięty zostanie równolegle do istniejącej instalacji elektrycznej obiektu za pomocą kabla przeznaczonego do pracy z prądem przemiennym. Zarówno strona prądowa DC jak i AC zabezpieczone zostaną odpowiednią aparaturą. Energia elektryczna wyprodukowana w systemie wykorzystywana będzie na potrzeby własne.

## 1.2. Moduły fotowoltaiczne

Moduły fotowoltaiczne odpowiadają za produkcję energii elektrycznej bezpośrednio z promieniowania słonecznego, wykorzystując przy tym efekt fotowoltaiczny. W projektowanej instalacji zastosowane zostały moduły wyprodukowane w technologii PERC, HalfCut ), które objęte są min 25 letnią gwarancją na moc oraz min 12 letnią gwarancją produktową.

### PARAMETRY PROPONOWANEGO MODULU W WARUNKACH STC

Parametr	Symbol	Wartosc
Moc maksymalna nie mniej niż	Ppv	350Wp
Napięcie obwodu otwartego	Voc	Min 38.5V
Prąd zwarciov	Isc	max 12A
Napięcie w punkcie mocy maksymalnej	Vmpp	31.8V
Natężenie prądu w punkcie mocy maksymalnej	Impp	Max 11.50A
Sprawność	Im	20.0%
Współczynnik temp. mocy	Pmax	Max -0.370%/°C
Współczynnik temp. napięcia obwodu otwartego	Voc	Max -0.286%/°C
Współczynnik temp. prądu zwarciov	Isc	max 0.057%/°C
Maksymalne napięcie systemu	Vmax. pv	1500V
Dopuszczalny maksymalny prąd wsteczny	Irev. max. pv	20A
Maksymalne obciążenie mechaniczne (śnieg)	MLs	Min 5400Pa
Maksymalne obciążenie mechaniczne (wiatr)	MLw	Min 2400Pa
Zakres temp. pracy modułu	Tmin. pv - Tmax. pv	od -40 do +85°C
Wymiary +/-50mm	W x SZ x G	1762mm x 994mm x 35mm
Współczynnik wypełnienia	FF	%
Waga		Max 20.0kg

**Moduł posiada podstawowe certyfikaty potwierdzające zgodność z normami w odniesieniu do parametrów i bezpieczeństwa:**

- PN-EN 61215-1:2017 - Moduły fotowoltaiczne (PV) do zastosowań naziemnych. Kwalifikacja konstrukcji i aprobaty typu
- PN-EN 61730-2:2007 - Ocena bezpieczeństwa modułu fotowoltaicznego (PV)

### 1.3. Falownik

Falownik pełni rolę konwertera energii elektrycznej powstałej w modułach fotowoltaicznych, w postaci napięcia i natężenia prądu stałego, na energię o parametrach występujących w instalacji elektrycznej obiektu, tj. napięcia i natężenia prądu przemiennego. W projektowanej instalacji zastosowany zostanie falownik o mocy nie większej niż 10kW i nie mniejszej niż 8kW. Falownik przeznaczony jest do współpracy z 3-fazową instalacją elektryczną i charakteryzuje się następującymi parametrami:

#### PARAMETRY WYJŚCIOWE AC

Parametr	Symbol	Wartość
Moc znamionowa AC	Pac	8000W-10000W
Maksymalny prąd wyjściowy	Iac max.	16.9A
Napięcie sieciowe	Vac	V
Zakres częstotliwości	f	45 - 55Hz

#### PARAMETRY WEJŚCIOWE DC

Parametr	Symbol	Wartość
Maksymalna moc wejściowa	Pdc max.	Min 14000W
Maksymalny prąd wejściowy MPPT 1	I <sub>dc mppt1</sub> max.	11A
Maksymalny prąd wejściowy MPPT 2	I <sub>dc mppt2</sub> max.	11A
Minimalne napięcie wejściowe	V <sub>dc</sub> min.	140 V
Napięcie rozpoczęcia pracy	V <sub>dc</sub> start	200V
Znamionowe napięcie wejściowe	V <sub>dc</sub>	600V
Maksymalne napięcie wejściowe	V <sub>dc</sub> max.	1100V
Liczba MPPT	L <sub>mppt</sub>	2
Liczba łańcuchów na MPPT	L <sub>string mppt</sub>	2
Zakres napięć MPP	V <sub>mpp</sub> min. - V <sub>mpp</sub> max.	- V

**Falownik objęty jest min 10-letnią gwarancją producenta i posiada podstawowe certyfikaty potwierdzające zgodności z normami w odniesieniu do parametrów i bezpieczeństwa:**

- PN-EN 50438:2014 - Wymagania dla instalacji mikrogeneracyjnych przeznaczonych do równoległego przyłączania do publicznych sieci dystrybucyjnych niskiego napięcia

### 1.4. Konfiguracja systemu fotowoltaicznego

Konfigurując system fotowoltaiczny, istotne jest obliczenie napięcia w skrajnych temperaturach oraz natężenia prądu stałego, jaki może się pojawić w obwodzie fotowoltaicznym, w skrajnym natężeniu promieniowania słonecznego. Może być ono wyższe, niż deklarowane w warunkach STC. Zakłada się, że moduł może osiągać temperaturę nawet 70°C podczas upalnego dnia i rozpoczynać swoją pracę przy -25°C w mroźne poranki. Baza do obliczeń będą warunki STC, tj. natężenie promieniowania słonecznego równe 1000 W/m<sup>2</sup> i temperatura ogniwa 25°C.

#### a) Moc instalacji fotowoltaicznej

Moc projektowanej instalacji fotowoltaicznej DC obliczono w oparciu o dane modułu fotowoltaicznego, zgodnie z równaniem:

$$P_{PV} = LM \cdot P_{STC PV}$$

$P_{PV}$  – moc instalacji fotowoltaicznej [Wp]

$LM$  – liczba modułów fotowoltaicznych w instalacji [szt.]

$P_{STC PV}$  – moc jednostkowa modułu fotowoltaicznego [Wp]

Moc DC instalacji fotowoltaicznej wynosi 9.8 kW. Z kolei moc AC instalacji fotowoltaicznej, równa mocy wyjściowej falownika, jest równa 10000W.

b) Minimalna i maksymalna liczba modułów łączonych szeregowo i równolegle

#### - Zmiana napięcia na 1 stopień Celsjusza

W celu poprawnego skonfigurowania systemu fotowoltaicznego w pierwszej kolejności należy określić zmianę napięcia na 1°C, według wzoru:

$$\Delta V = \beta \cdot V_{OC}$$

$\Delta V$  – zmiana napięcia na 1°C [V/°C]

$\beta$  – współczynnik temperaturowy napięcia obwodu otwartego [%/°C]

$V_{OC}$  – napięcie obwodu otwartego [V]

Posłuży ona do obliczenia napięcia w skrajnych temperaturach.

#### - Napięcie w skrajnych temperaturach pracy - napięcie obwodu otwartego w temperaturze -25°C

Napięcie obwodu otwartego pojedynczego modułu, o temperaturze -25°C, obliczono według równania:

$$V_{OC-25} = V_{OC} + (\Delta V \cdot \Delta T_1)$$

$V_{OC-25}$  – napięcie jałowe modułu o temperaturze -25°C [V]

$V_{OC}$  – napięcie jałowe modułu w warunkach STC [V]

$\Delta V$  – zmiana napięcia na 1°C [V/°C]

$\Delta T_1$  – różnica temperatur pomiędzy warunkami STC, a warunkami obliczeniowymi [°C]

#### - Napięcie w skrajnych temperaturach pracy - napięcie w punkcie mocy maksymalnej w temperaturze 70°C

Napięcie w punkcie mocy maksymalnej pojedynczego modułu, mogącego osiągać temperaturę 70°C, obliczono zgodnie ze wzorem:

$$V_{MPP+70} = V_{MPP} - (\Delta V \cdot \Delta T_2)$$

$V_{MPP+70}$  – napięcie pracy modułu o temperaturze +70°C [V]

$V_{MPP}$  – napięcie modułu w punkcie mocy maksymalnej, w warunkach STC [V]

$\Delta V$  – zmiana napięcia na 1°C [V/°C]

$\Delta T_2$  – różnica temperatur pomiędzy warunkami obliczeniowymi, a warunkami STC [°C]

#### - Minimalna liczba modułów w łańcuchu

Po obliczeniu napięć w skrajnych temperaturach obliczono minimalną liczbę modułów, jaka można spiąć w łańcuchu szeregowo:

$$LM_{STRING MIN.} = \frac{V_{DC START}}{V_{MPP+70}}$$

$LM_{STRING MIN.}$  - minimalna liczba modułów w łańcuchu [szt.]

$V_{MPP MIN.}$  - napięcie startowe falownika [V]

$V_{MPP+70}$  - napięcie pracy modułu o temperaturze +70°C [V]

#### - Maksymalna liczba modułów w łańcuchu

Po obliczeniu napięć w skrajnych temperaturach obliczono minimalną liczbę modułów, jaka można spiąć w łańcuchu szeregowo:

$$LM_{STRING MAX.} = \frac{V_{DC MAX.}}{V_{OC-25}}$$

$LM_{STRING MAX.}$  - maksymalna liczba modułów w łańcuchu

$V_{DC MAX.}$  - maksymalne napięcie wejściowe na falownik [V]

$V_{OC-25}$  - napięcie jałowe modułu o temperaturze -25°C [V]

#### - Maksymalna liczba łańcuchów modułów łączonych równolegle (jeżeli będą połączenia równoległe)

Maksymalna liczba łańcuchów połączonych równoległe, obliczona została według równania:

$$LM_{RMAX} = \frac{I_{DC MAX.}}{I_{MPP}}$$

**LM<sub>R MAX.</sub>** - maksymalna liczba łańcuchów łączonych równolegle na falownik [szt.]

**I<sub>DC MAX.</sub>** - maksymalny prąd wejściowy na MPPT falownika [A]

**I<sub>MPP</sub>** – natężenie prądu w punkcie mocy maksymalnej modułu [A]

### 1.5. Zabezpieczenia instalacji fotowoltaicznej

W projektowanej instalacji, w celu zabezpieczenia instalacji fotowoltaicznej przewidziano zastosowanie odpowiednio skonfigurowanej skrzynki przyłączeniowej Skrzynka przył.DC+ AC hermetyczna z ogranicznikiem przepięć 1000V typu 2, 2 x łańcuch PV, 2 x MPPT // wyl. 16A 3-F, 24T zbudowana została w oparciu o natynkową obudowę instalacyjną wykonaną z tworzywa sztucznego o stopniu ochrony (klasie szczelności) IP65.

### 1.6. Instalacja odgromowa, ograniczniki przepięć, uziemienie i połączenie wyrównawcze

#### a) Zewnętrzna instalacja odgromowa

Zewnętrzna instalacja odgromowa – piorunochron, tj. zwody, uziomy i przewody odprowadzające – służy do przejścia energii od uderzającego w budynek pioruna i odprowadzenie jej do ziemi.

W projektowanej instalacji, ze względu na posadowienie generatora PV na gruncie, nie przewiduje się jej montażu.

#### b) Ochrona przeciwprzepięciowa

Wewnętrzna instalacja odgromowa – ograniczniki przepięć – przeznaczone są do ochrony instalacji fotowoltaicznych przed przejściowymi przepięciami wywołanymi na zewnątrz instalacji fotowoltaicznej np. indukowanym napięciem poprzez uderzenie pioruna w linię elektroenergetyczną, bądź w jej obrębie lub przepięciami wewnętrznymi, powstającymi podczas załączania czy wyłączania nieobciążonej linii elektroenergetycznej. Zjawisko przejściowego przepięcia może spowodować uszkodzenie elementów instalacji elektrycznej w budynku lub instalacji fotowoltaicznej.

W projektowanej instalacji fotowoltaicznej, ze względu na brak instalacji odgromowej na budynku, przewiduje się zastosowanie ograniczników przepięć DC typu 2 przystosowanych do pracy z napięciem minimum 1293.60V i AC typu 2 przystosowanych do pracy z napięciem sieciowym, które powinny być połączone z główną szyną wyrównawczą przewodem o przekroju minimum 10 mm<sup>2</sup>.

Projektowane ograniczniki przepięć DC typu 2 dobrane zostaną w taki sposób, aby napięcie obwodu otwartego nie przekraczało maksymalnego (jałowego) napięcia wejściowego na falownik:

$$V_{OC} \cdot 120\% \cdot LM \leq V_{SPD} < V_{DC MAX}$$

**V<sub>OC</sub>** - napięcie jałowe modułu w warunkach STC [V]

**LM** – dobrana liczba modułów do projektu [szt.]

**V<sub>SPD</sub>** – napięcie znamionowe ogranicznika przepięć [V]

**V<sub>DC MAX.</sub>** - maksymalne napięcie wejściowe na falownik [V]

### **c) Uziemienie i połączenie wyrównawcze**

Instalacja fotowoltaiczna na budynku nie zwiększa ryzyka wystąpienia wyładowania atmosferycznego, jednakże w przypadku zaistnienia takiej sytuacji brak odpowiednich zabezpieczeń może spowodować bardzo wysokie szkody (zarówno w samej instalacji fotowoltaicznej, budynku jak i w urządzeniach korzystających z prądu generowanego przez nią).

Uziemienie i połączenie wyrównawcze modułów oraz inwertera pełni funkcje przeciwporażeniową, przeciwprzepięciową i odgromową. Oznacza to, że chroni to moduły fotowoltaiczne w sytuacjach uszkodzenia modułu czy w trakcie wyładowań atmosferycznych nieopodal instalacji.

Instalacja fotowoltaiczna montowana na budynkach posiadających uziemienie zewnętrzne powinna być wykonana w odpowiedniej odległości od niego (ok. 0,5 m, przy czym każdy przypadek powinien zostać niezależnie przeliczony). W takiej sytuacji instalacja fotowoltaiczna nie jest podłączona do uziemienia zewnętrznego i prąd związany z wyładowaniem będzie przejęty przez to uziemienie. W tym przypadku również niezbędne jest wykonanie uziemienia wewnętrznego - instalacji wyrównującej potencjał przewodem miedzianym. W projektowanej instalacji fotowoltaicznej przewiduje się zastosowanie przewodu, służącego do wyrównania potencjałów, o przekroju minimum 16 mm<sup>2</sup>. Przewód ten połączy moduły fotowoltaiczne i elementy konstrukcji montażowej z główną szyną wyrównawczą lub wykonanym uziemieniem o rezystancji nie większej niż 100mΩ

## 1.8. Inne zabezpieczenia

Falownik zastosowany w instalacji fotowoltaicznej wyposażony jest w urządzenia monitorujące parametry energii elektrycznej. W przypadku odchylenia monitorowanych parametrów częstotliwości i napięcia od parametrów granicznych normy PN-EN 50438, fotowoltaiczne źródło wytwórcze jest natychmiast odłączone od sieci elektroenergetycznej. System fotowoltaiczny pozostaje odłączony do momentu powrotu parametrów do ustawionych limitów.

Wykonanie wszystkich rozwiązań zabezpieczających instalację jest zgodne z obowiązującym prawem i odpowiednimi normami, w tym z polską normą PN-HD 60364-4-41:2017-09 „Instalacje elektryczne niskiego napięcia -- Część 4-41: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa -- Ochrona przed porażeniem elektrycznym”.

## 1.9. Przewody fotowoltaiczne

Przewody fotowoltaiczne, to przewody przeznaczone do pracy z prądem stałym I<sub>ch</sub> zadaniem jest odprowadzenie energii elektrycznej wytworzonej w modułach fotowoltaicznych do falownika. Z kolei kabel AC odpowiada za odprowadzenie energii elektrycznej z falownika do instalacji elektrycznej obiektu i sieci elektroenergetycznej. Zakłada się, że strata temperaturowa przewodów DC i kabli AC w systemie fotowoltaicznym powinna być mniejsza niż 1%. Przewody umieszczone na zewnątrz budynku muszą znajdować się w osłonach wykonanych z materiałów odpornych na promieniowanie UV

### - Przekrój przewodów DC

Przekrój przewodów DC obliczono zgodnie z równaniem:

$$A_{DC} = \frac{P_{PV} \cdot L_{DC}}{U^2 \cdot k \cdot 1\%} \cdot 100\%$$

**A<sub>DC</sub>** – przekrój przewodu DC [%]

**P<sub>PV</sub>** – moc łańcucha modułów fotowoltaicznych [kWp]

**L<sub>DC</sub>** – sumaryczna długość przewodu DC łańcucha [m]

**U<sup>2</sup>** – napięcie w punkcie mocy maksymalnej w łańcuchu fotowoltaicznym [V]

**k** – przewodność właściwa (  $54 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$  dla miedzi)

### - b) Stratę mocy na przewodach AC obliczono zgodnie z równaniem:

Przekrój przewodu AC, dla instalacji elektrycznej trójfazowej, obliczono według wzoru:

$$A_{AC} = \frac{P_{AC} \cdot L_{AC}}{U_{mf}^2 \cdot k \cdot 1\%} \cdot 100\%$$

**A<sub>AC</sub>** – przekrój przewodu AC, [%]

**P<sub>AC</sub>** – moc inwertera po stronie AC [kW]

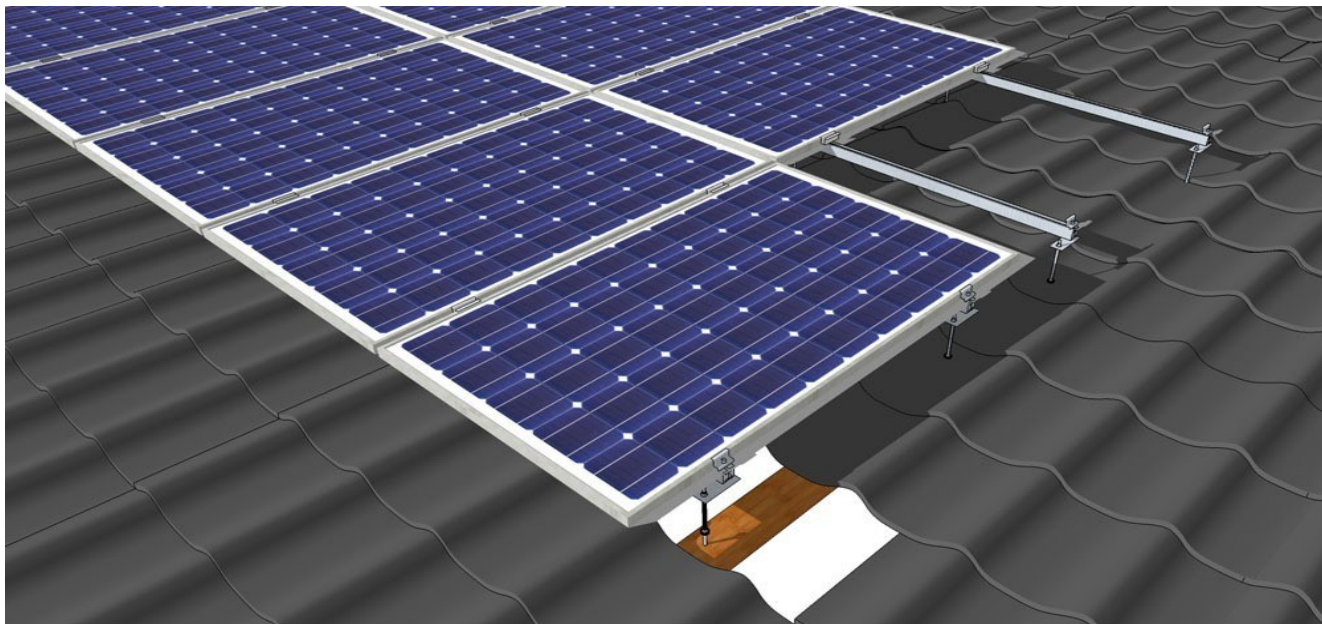
**L<sub>AC</sub>** – długość kabla AC [m]

**U<sub>mf</sub><sup>2</sup>** – napięcie międzyfazowe, **U<sub>mf</sub><sup>2</sup> = 400 [V]**

**k** – przewodność właściwa (  $54 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$  dla miedzi)

### 1.10. Konstrukcja montażowa

Dla projektowanych modułów fotowoltaicznych proponuje się zastosowanie konstrukcji montażowej na dach skośny pokryty blacho-dachówką obecnie blach pokryty euro-falą:



Rys. 1. Wizualizacja systemu montażowego oraz sposobu mocowania modułów fotowoltaicznych

## 2. Uzysk energii elektrycznej z instalacji fotowoltaicznej

---

Uzysk energii elektrycznej wyprodukowanej w projektowanej instalacji obliczono zgodnie z równaniem:

$$U = \frac{(N_{as} \cdot K) \cdot P_{PV} \cdot WW}{N_{at}}$$

**U** – uzysk energetyczny z instalacji PV [kWh/rok]

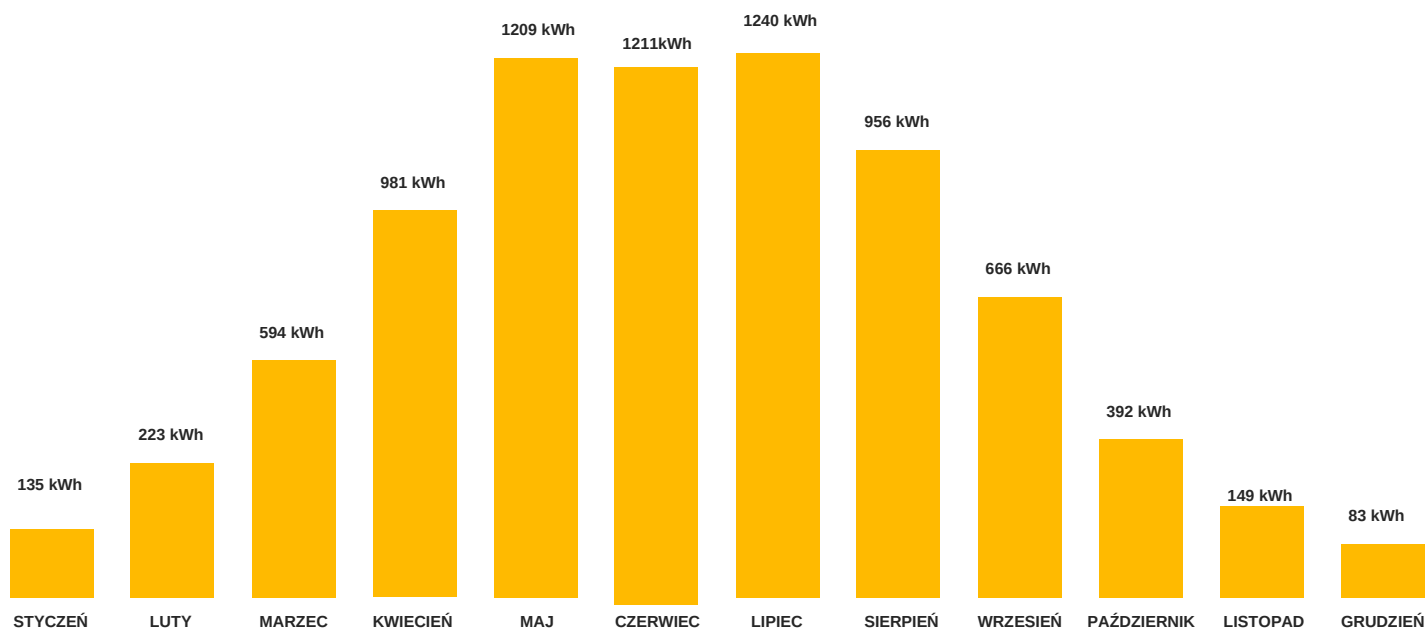
**N<sub>as</sub>** – nasłonecznienie w pobliżu miejsca instalacji PV na powierzchnię horyzontalną [kWh/(m<sup>2</sup>\*rok)]

**K** – współczynnik korygujący wartość nasłonecznienia w zależności od ustawienia modułów PV [%]

**P<sub>PV</sub>** – moc instalacji fotowoltaicznej [kWp]

**WW** – współczynnik wydajności [%]

**N<sub>at</sub>** – natężenie promieniowania słonecznego [kW/m<sup>2</sup>]



**Łączna, prognozowana ilość wyprodukowanej energii w ciągu roku: 7 840 kWh**

Uwaga! Wyświetlone uzyski energii są wartościami szacunkowymi. Zostały one obliczone za pomocą wzorów matematycznych, na podstawie określonych danych. Osiągnięcie w rzeczywistości uzysków energii równych podanej w tym miejscu wartości nie jest gwarantowane!

### 3. Efekt ekologiczny

Efekt ekologiczny, czyli ograniczenie emisji istotnych z punktu widzenia ochrony środowiska związków chemicznych:

Związek chemiczny	Wskaźnik emisji związku do atmosfery [kg/kWh]	Emisja związku do atmosfery [kg/kWh]
CO <sub>2</sub>	0.798	7820.40
SO <sub>2</sub>	0.001516	14.8568
NO <sub>x</sub>	0.000954	9.3492
CO	0.000234	2.2932
Pył całkowity	0.000062	0.6076

## 4. Ochrona przeciwpożarowa

---

Instalacja fotowoltaiczna, podobnie jak inne urządzenia elektryczne, może ulec zapaleniu. Najczęstszymi przyczynami pożaru tych systemów są wyladowania atmosferyczne, zwarcia wewnętrzne, niewłaściwie dobrane zabezpieczenia i oprowadowanie lub ich brak, bądź słabe jakościowo komponenty instalacji. Konieczne jest zainstalowanie w instalacjach o mocy generatora powyżej 6,5kW automatycznego rozłącznika ppoż. Projekt instalacji musi być uzgodniony z rzeczoznawcą do spraw przeciwpożarowych.

Podstawowym krokiem przy gaszeniu pożaru przez strażaków jest odłączenie głównego zasilania w budynku lub wyłącznika przeciwpożarowego. Pozwala to na rozpoczęcie akcji gaśniczej bez ryzyka porażenia strażaków czy ofiar pożaru od strony sieci elektroenergetycznej. Istotne jest także odłączenie wszystkich alternatywnych źródeł zasilania – oprócz modułów fotowoltaicznych mogą to być także przykładowo agregaty Prądotwórcze. Należy jednak pamiętać, że wyłączenie zasilania głównego strony AC, nie eliminuje ryzyka porażenia prądem przez stronę DC. Moduły fotowoltaiczne, na które pada promieniowanie słoneczne, w dalszym ciągu mogą generować niebezpieczne wartości napięcia na zaciskach łańcuchów, pomimo że falownik jest wyłączony. Z tego względu instalacja elektryczna w budynku powinna być ciągle traktowana, jak gdyby była pod napięciem i strażacy powinni zachować odpowiednie procedury gaszenia urządzeń elektrycznych, tj. korzystać z odpowiednich środków gaśniczych służących do gaszenia urządzeń elektrycznych pod napięciem, mieć na uwadze ryzyko porażenia prądem gaszącego od konstrukcji czy przewodzącego pokrycia dachu itd. Moduły fotowoltaiczne nie są łatwo palne i nie wpływają na rozprzestrzenianie się ognia – ich gaszenie powinno odbywać się jedynie w momencie pożaru dachu. Możliwa jest również sytuacja, że moduły występują na innym budynku, niż objęty pożarem, z którym są połączone, co również może powodować niebezpieczeństwo porażenia prądem

**Bezwzględnie należy unikać ryzyka porażenia prądem, między innymi przez unikanie kontaktu z częściami przewodzącymi instalacji elektrycznej i modułów, konstrukcji fotowoltaicznej, a także samego dachu, mogącymi znajdować się pod napięciem**

## 5. Ochrona przeciwporażeniowa

---

Podstawa ochrony przeciwporażeniowej jest izolowanie części znajdujących się pod napięciem oraz ochrona w przypadku uszkodzenia izolacji. W instalacjach elektrycznych należy stosować układy z odrębnym przewodem ochronnym PE i neutralnym N (układ TN-S, TT, rzadziej TN-C-S z uziemionym rozdziałem przewodu ochronno-neutralnego PEN). Przepisy wymagają także stosowania uziemionych połączeń wyrównawczych pomiędzy elementami przewodzącymi instalacji elektrycznej.

## 6. Planowany przebieg prac montażowych

---

- Montaż konstrukcji nośnej
- Montaż paneli fotowoltaicznych
- Uziemienie systemu fotowoltaicznego
- Montaż falownika i zabezpieczeń strony DC i AC
- Połączenie modułów z falownikiem
- Podłączenie instalacji do licznika energii elektrycznej
- Sprawdzenie pracy układu
- Wykonanie pomiarów na instalacji

## 7. Zestawienie elementów systemu fotowoltaicznego

Element systemu fotowoltaicznego	Liczba jednostek	Jednostka
Moduł fotowoltaiczny	28	[szt.]
Falownik	1	[szt.]
Skrzynka z zabezpieczeniami AC i DC, rozłącznik ppoż		[szt.]
Przewód fotowoltaiczny, uziemiający, zasilający AC 3F		[metr]
Konstrukcja montażowa	1	[kpl.]

