

# Projekt Wykonawczy

**TEMAT:** **PROJEKT INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ**

**OBIEKT:** **INSTALACJA FOTOWOLTAICZNA NA DACHU BUDYNKU  
UŻYTECZNOŚCI PUBLICZNEJ – MIEJSKIEGO CENTRUM  
KULTURY W ALEKSANDROWIE KUJAWSKIM**

**ADRES  
INSTALACJI:** **MIEJSKIE CENTRUM KULTURY  
UL. PARKOWA 3  
87-700 ALEKSANDRÓW KUJAWSKI**

**INWESTOR:** **URZĄD MIEJSKI,  
UL. SŁOWACKIEGO 8, 87-700 ALEKSANDRÓW KUJAWSKI**

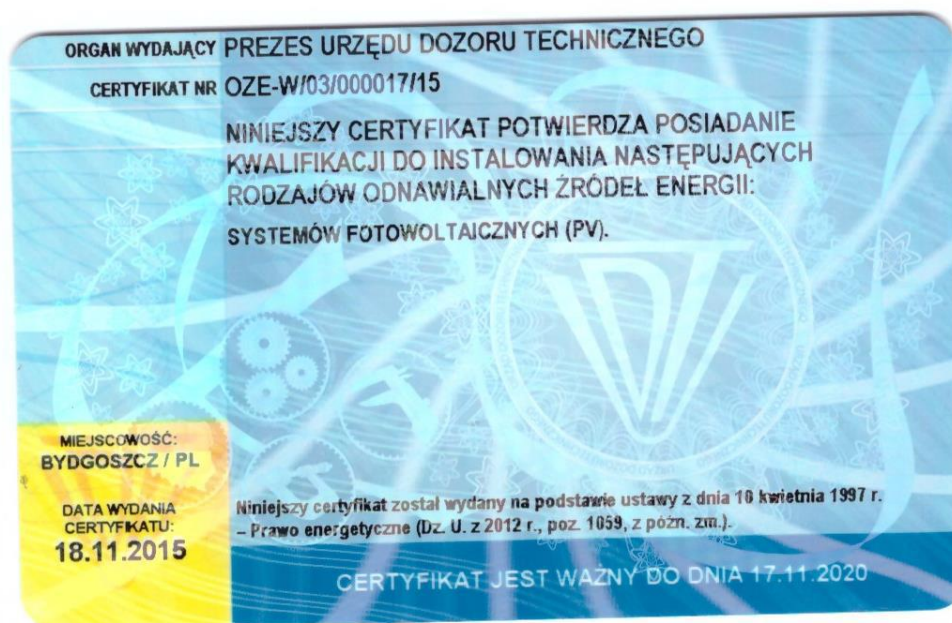
<i>FUNKCJA</i>	<i>IMIĘ NAZWISKO</i>	<i>PODPIS</i>
PROJEKTANT	<b>mgr inż. Tomasz Niespodziński</b> Uprawnienia Urzędu Dozoru Technicznego (systemy fotowoltaiczne) <b>Nr upr. OZE-W/03/000017/15</b>	

WŁOCŁAWEK, Grudzień 2017 r.

## Spis treści

1. Część ogólna.....	5
1.1. Przedmiot opracowania .....	5
1.2. Podstawa opracowania.....	5
1.3. Zakres opracowania .....	5
1.4. Normy i przepisy .....	5
2. Część techniczna.....	6
2.1. Charakterystyka instalacji fotowoltaicznej .....	6
2.2. Wymagania dotyczące modułów fotowoltaicznych:.....	6
2.3. Dane dotyczące falowników (15.0-3-M):.....	7
2.4. Montaż paneli PV .....	7
2.5. Montaż falownika (inwertera) .....	9
2.6. Część DC instalacji fotowoltaicznej .....	9
2.7. Część AC instalacji PV .....	10
2.8. Instalacja odgromowa i uziemienie instalacji fotowoltaicznej .....	10
2.9. Ochrona przeciwporażeniowa instalacji fotowoltaicznej .....	10
2.10. Ochrona przeciwprzepięciowa instalacji fotowoltaicznej.....	11
2.11. Zespół zabezpieczeń falownika.....	11
2.12. Ochrona zwarciova .....	11
2.13. Układ rozliczeniowy instalacji fotowoltaicznej .....	11
3. Obliczenia .....	12
3.1. Obciążenie znamionowe instalacji fotowoltaicznej.....	12
3.2. Część DC instalacji .....	13
4. Zasady BHP .....	13
5. Konserwacja i przeglądy .....	15
6. Postanowienia końcowe.....	16
7. Załączniki.....	16

## Uprawnienia projektanta



Włocławek, dn.11.12.2017r.

## ***O ś w i a d c z e n i e***

Ja, niżej podpisany *Tomasz Niespodziński* stwierdzam, że projekt wykonawczy instalacji elektrycznej w zakresie instalacji fotowoltaicznej na dachu budynku Miejskiego Centrum Kultury zlokalizowanego przy ul. Parkowej 3, 87-700 Aleksandrów Kujawski, którego Inwestorem jest Urząd Miejski w Aleksandrowie Kujawskim, opracowano zgodnie z obowiązującymi przepisami, wytycznymi do projektowania i wykonywania instalacji fotowoltaicznych. Zaprojektowane instalacje spełniają wymogi obowiązujących norm i przepisów, dobrane urządzenia i aparaty elektryczne spełniają wymogi bezpieczeństwa.

Zgodnie z art. 29 ust. 2 pkt 16 w zw. z art. 30 ust. 1 ustawy – Prawo Budowlane mikroinstalacje fotowoltaiczne (do 40 kW<sub>p</sub>) nie wymagają uzyskania pozwolenia na budowę czy zgłoszenia robót budowlanych.

Na podstawie Rozp. Min. Infrastruktury z dn. 03.07.2004 r. ( Dz.U. 120/03 poz. 1133, rozdz.4 par.11, pkt.2, ppkt.10) stwierdzam, że:

- obiekt budowlany nie wpływa ujemnie na środowisko, zdrowie ludzi i obiekty sąsiadujące w zakresie niniejszego opracowania,
- przyjęte rozwiązania ograniczają lub wprost eliminują wpływ obiektu na środowisko przyrodnicze, zdrowie ludzi i inne obiekty budowlane.

Podstawa prawna: art. 20.ust.4 ustawa z dn. 07.07.1994 r. Prawo Budowlane (Dz.U. Nr 89 poz. 414 z późniejszymi zmianami).

Podpis:

**mgr inż. Tomasz Niespodziński**  
Uprawnienia Urzędu Dozoru Technicznego  
(systemy fotowoltaiczne)  
**Nr upr. OZE-W/03/000017/15**

## 1. Część ogólna

### 1.1. Przedmiot opracowania

Przedmiotem niniejszego opracowania jest projekt wykonawczy instalacji fotowoltaicznej do produkcji energii elektrycznej pochodzącej ze źródeł odnawialnych dla Budynku Użyteczności Publicznej – Miejskiego Centrum Kultury zlokalizowanego przy ul. Parkowej 3, 87-700 Aleksandrów Kujawski.

### 1.2. Podstawa opracowania

Podstawą niniejszego opracowania w części formalnej jest umowa zawarta pomiędzy Inwestorem: Urząd Miejski, ul. Słowackiego 8, 87-700 Aleksandrów Kujawski, a Prosument Klaster Odnawialnych Źródeł Energii, ul. Toruńska 148, 87-800 Włocławek.

### 1.3. Zakres opracowania

W zakres opracowania wchodzi wykonanie projektu układu elektrowni fotowoltaicznej wraz z zabudową: modułów PV, kabli łączących poszczególne generatory słoneczne oraz falownika.

### 1.4. Normy i przepisy

Norma	Zakres tematyczny
PN-EN 62446:2010 Systemy fotowoltaiczne przyłączone do sieci elektrycznej - Minimalne wymagania dotyczące dokumentacji systemu, badania rozruchowe i wymagania kontrolne	Opisano podstawowe próby rozruchowe, kryteria kontrolne i dokumentację niezbędną do oceny bezpieczeństwa instalacji i poprawności działania systemu. Dotyczy wyłącznie systemu fotowoltaicznego podłączonego do sieci elektrycznej, nie dotyczy systemów modułowych prądu przemiennego lub systemów wykorzystujących przechowywanie energii (np. baterii) lub systemów hybrydowych
PN-HD 60364-7-712:2007 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych -- Część 7-712: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji -- Fotowoltaiczne (PV) układy zasilania	Dotyczy elektrycznych instalacji fotowoltaicznych układów zasilania, łącznie z modułami prądu przemiennego
PN-IEC 60364-5-523:2001 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych	Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego - Obciążalność prądowa długotrwała przewodów
PN-EN 50438:2014-02	Wymagania dla instalacji mikrogeneracyjnych przeznaczonych do równoległego przyłączenia do publicznych sieci dystrybucyjnych niskiego napięcia

## 2. Część techniczna

### 2.1. Charakterystyka instalacji fotowoltaicznej

Instalacja fotowoltaiczna o mocy docelowej 17,92 kWp zostanie wykonana na ~~gruncie~~/dachu budynku Miejskiego Centrum Kultury w Aleksandrowie Kujawskim. Jako źródło energii odnawialnej zastosowane zostaną moduły fotowoltaiczne monokrystaliczne o mocy 280 Wp/moduł produkcji Bruk-Bet Solar typ: BEM-280. Mikroinstalację fotowoltaiczną należy zamontować z wykorzystaniem ogólnodostępnej konstrukcji systemowej dedykowanej dla konkretnego pokrycia dachowego dla dachu płaskiego. System montażowy nie powinien integrować w poszycie dachu i powinien być montowany zgodnie z zaleceniami producenta.

Systemy wsporcze do paneli słonecznych muszą być odporne na korozję, ponieważ są narażone na warunki atmosferyczne występujące na zewnątrz. Materiałami do budowy konstrukcji wsporczych powinny być:

- Stal z powłoką ocynkową
- Stal nierdzewna
- Stopy aluminium

Moduły PV należy połączyć ze sobą w odpowiednio dobrane łańcuchy (stringi). Zaprojektowano układ 4-stringowy (2x16 oraz 2x16), który będzie tworzył generator słoneczny i zostanie podłączony do falownika trójfazowego produkcji Fronius typ: Symo, o mocy znamionowej 15,0 kW. Moduły fotowoltaiczne połączyć ze sobą za pomocą przewodów typu PV1-F o przekroju 6mm<sup>2</sup>.

### 2.2. Wymagania dotyczące modułów fotowoltaicznych:

#### SPECYFIKACJA TECHNICZNA **BEM-280**

Charakterystyka elektryczna	
Moc znamionowa	280 Wp
Ogniwa	Monokrystaliczne
Ilość ogniw	60
Prąd zwarciový I <sub>sc</sub>	9,65 A
Napięcie jałowe V <sub>oc</sub>	38,00 V
Prąd maksymalny I <sub>max</sub>	9,05 A
Napięcie maksymalne V <sub>max</sub>	31,00 V
Wydajność	17,21 %
Maksymalne napięcie systemu	1000 VDC
Tolerancja mocy	0 +4,99 Wp
Temperaturowy współczynnik natężenia T <sub>cl</sub>	0,03 %/°C
Temperaturowy współczynnik napięcia T <sub>cV</sub>	-0,31 %/°C
Temperaturowy współczynnik mocy T <sub>cP</sub>	-0,39 %/°C
NOCT ( 800 W/m <sup>2</sup> , 20°C, AM 1.5, 1m/s)	43±2 °C

Parametry stosowania	
Maksymalne obciążenie*	5400 Pa
Maksymalne ssanie wiatru	2400 Pa
Klasa stosowania	A

Zależność promieniowania					
[W/m <sup>2</sup> ]	1000	800	600	400	200
I <sub>sc</sub>	0 %	-19,60 %	-39,50 %	-59,20 %	-80,19 %
V <sub>oc</sub>	0 %	-1,38 %	-3,05 %	-5,90 %	-8,30 %

Budowa i wymiary	
Długość	1640 mm
Szerokość	992 mm
Grubość	40 mm
Waga	18,3 kg
Gniazdko przyłączeniowe	IP67
Ilość diod bypass	3
Maksymalne zabezpieczenie	15 A

### 2.3. Dane dotyczące falowników (15.0-3-M):

<b>DANE TECHNICZNE FRONIUS SYMO (10.0-3-M, 12.5-3-M, 15.0-3-M, 17.5-3-M, 20.0-3-M)</b>					
<b>DANE WEJŚCIOWE</b>	<b>SYMO 10.0-3-M</b>	<b>SYMO 12.5-3-M</b>	<b>SYMO 15.0-3-M</b>	<b>SYMO 17.5-3-M</b>	<b>SYMO 20.0-3-M</b>
Maks. prąd wejściowy ( $I_{dc\ max\ 1} / I_{dc\ max\ 2}$ )	27,0 A / 16,5 A <sup>1)</sup>		33,0 A / 27,0 A		
Maks. prąd zwarcia, pole modułu (MPP1/ MPP2)	40,5 A / 24,8 A		49,5 A / 40,5 A		
Min. napięcie wejściowe ( $U_{dc\ min}$ )			200 V		
Napięcie rozpoczęcia pracy ( $U_{dc\ start}$ )			200 V		
Znamionowe napięcie wejściowe ( $U_{dc,r}$ )			600 V		
Maks. napięcie wejściowe ( $U_{dc\ max}$ )			1.000 V		
Zakres napięć MPP ( $U_{mpp\ min} - U_{mpp\ max}$ )	270-800 V	320-800 V	370-800 V	420-800 V	
Liczba trackerów MPP			2		
Liczba przyłączy prądu stałego DC			3+3		
<b>DANE WYJŚCIOWE</b>	<b>SYMO 10.0-3-M</b>	<b>SYMO 12.5-3-M</b>	<b>SYMO 15.0-3-M</b>	<b>SYMO 17.5-3-M</b>	<b>SYMO 20.0-3-M</b>
Moc znamionowa AC ( $P_{ac,r}$ )	10.000 W	12.500 W	15.000 W	17.500 W	20.000 W
Maks. moc wyjściowa	10.000 VA	12.500 VA	15.000 VA	17.500 VA	20.000 VA
Maks. prąd na wyjściu ( $I_{ac\ max}$ )	14,4 A	18,0 A	21,7 A	25,3 A	28,9 A
Przyłącze sieciowe (zakres napięcia)	3-NPE 400 V / 230 V lub 3-NPE 380 V / 220 V (+20%/-30%)				
Częstotliwość (zakres częstotliwości)	50 Hz / 60 Hz (45-65 Hz)				
Współczynnik zniekształceń nieliniowych	1,8 %	2,0 %	1,5 %	1,5 %	1,3 %
Współczynnik mocy ( $\cos\ \varphi_{ac,r}$ )	0-1 ind. / poj.				
<b>DANE OGÓLNE</b>	<b>SYMO 10.0-3-M</b>	<b>SYMO 12.5-3-M</b>	<b>SYMO 15.0-3-M</b>	<b>SYMO 17.5-3-M</b>	<b>SYMO 20.0-3-M</b>
Wymiary (wysokość x szerokość x głębokość)	725 x 510 x 225 mm				
Masa	34,8 kg			43,4 kg	
Stopień ochrony	IP 66				
Klasa ochrony	1				
Kategoria przepięciowa (DC / AC) <sup>1)</sup>	2 / 3				
Pobór energii w nocy	< 1 W				
Koncepcja falownika	Beztransformatorowa				
Chłodzenie	Regulowana wentylacja				
Montaż	Montaż wewnętrzny i zewnętrzny				
Zakres temperatury otoczenia	od -40 do +60°C				
Dopuszczalna wilgotność powietrza	0-100%				
Maks. wysokość nad poziomem morza	2.000 m / 3.400 m (nieograniczony / ograniczony zakres napięcia)				
Technologia przyłączenia DC	6x DC+ i 6x DC- Zaciski śrubowe 2,5-16 mm <sup>2</sup>				
Technologia przyłączenia AC	5-stykowe zaciski śrubowe 2,5-16 mm <sup>2</sup>				
Posiadane certyfikaty i spełniane normy	ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G83/2, G59/3, UNE 206007-1, SI 4777, CEI 0-16, CEI 0-21, NRS 097				

<sup>1)</sup> 14,0 A dla napięć < 420 V

<sup>2)</sup> Wg IEC 62109-1. Szyna DIN dla opcjonalnej ochrony przeciwprzepięciowej (typ 2).

Dodatkowe informacje dotyczące dostępności falowników w Państwie kraju znajdują się na stronie [www.fronius.com](http://www.fronius.com).

### 2.4. Montaż paneli PV

Podczas pracy na modułach fotowoltaicznych, na które pada promieniowanie słoneczne instalator pracuje na żywych (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 (patrz specyfikacja techniczna modułu) jest równa całkowitemu napięciu obwodu. Maksymalne dopuszczalne napięcie generatora fotowoltaicznego nie może przekraczać maksymalnego dopuszczalnego napięcia inwertera (do 1000 V DC).

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 późniejszymi zmianami) lub,

- Certyfikat Instalatora Mikroinstalacji i Małych Instalacji zgodnie z ustawą z dnia 26 lipca 2013 r. o zmianie ustawy Prawo energetyczne oraz niektórych innych ustaw, 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, która może zaistnieć podczas tych czynności.

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

- wszystkie profile konstrukcji powinny być ze sobą metaliczne połączone, za pomocą łączników/płaskowników lub przewodem Cu 16mm<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 jakiego został wykonany (ok. 2-3cm),
- w przypadku montażu na dachu, należy zachować odpowiednią przestrzeń między poszyciem dachu a modułami, aby zapewnić prawidłową cyrkulację powietrza (min. 10cm),
- odstępy między modułami wyznaczają zaciski mocujące (klemy); dodatkowo z każdej strony rzędu modułów profil, do którego są one mocowane, powinien być dłuższy o min. 2,5cm od posadowienia klemy końcowej,
- profile nośne konstrukcji montażowej należy umieścić w odległości między 1/4 a 1/8 długości dłuższego boku modułu,
- zaciski mocujące (klemy) należy montować zawsze na dłuższej krawędzi modułu,
- zaciski mocujące (klemy) należy dokręcać z siłą, nie powodującą widocznych uszkodzeń ram modułu, kluczem dynamometrycznym z siłą zgodną ze specyfikacją producenta,
- Połączenie szeregowe lub równoległe paneli odpowiednio zwiększa napięcie lub natężenie.

**Moduły PV wytwarzają prąd stały. Bezpośredni kontakt z częściami czynnymi modułu, takimi jak np. złącza konektorów na zakończeniach przewodów czy nieziemiona rama, może spowodować 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.

Falownik zabudować w budynku. Możliwe jest zamontowanie falownika na zewnątrz budynku. Mimo, iż falownik posiada odpowiedni stopień ochrony (IP 65) zaleca się jednak umieszczenie urządzenia w odpowiedniej wentylowanej rozdzielni, co dodatkowo poprawi ochronę przed ewentualnymi uszkodzeniami mechanicznymi.

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, to 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, śnieg.

Ściana lub konstrukcja montażowa:

- Dostatecznej nośności,
- Dostępna do prac montażowych i konserwacyjnych,
- Z materiału trudno palnego,
- Przestrzegać minimalnych odstępów montażowych.

## 2.6. Część DC instalacji fotowoltaicznej

Połączenia poszczególnych grup generatorów do falownika zostaną zrealizowane za pomocą kabli dedykowanych dla instalacji stałoprądowych fotowoltaicznych typu PV1-F o przekroju żył roboczych 6 mm<sup>2</sup>. 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 przestrzeniach otwartych i być odporne 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. Można do tego wykorzystać poprzeczne zagłębienie. Jeśli to możliwe, dach powinien zostać przewiercony tylko w jednym miejscu.

## 2.7. Część AC instalacji PV

Za falownikiem w rozdzielni zamontować wyłącznik instalacyjny S304 B 32A oraz zabezpieczenie różnicowoprądowe typu P304 40A 100mA typ A. W rozdzielnicy głównej Inwestora zamontować wyłącznik instalacyjny S304 B 32A. Połączenie pomiędzy falownikiem a rozdzielnicą główną wykonać za pomocą przewodu YLYżo 5x10mm<sup>2</sup>.

## 2.8. Instalacja odgromowa i uziemienie instalacji fotowoltaicznej

W celu wyrównania potencjałów ram i konstrukcji instalacji PV należy wykonać połączenia wyrównawcze. W tym celu moduł PV zabudowany na dachu połączyć za pomocą przewodu miedzianego LgY 16 mm<sup>2</sup> z konstrukcją bazową modułu. Następnie wykonać odprowadzenie do Głównej Szyny Wyrównawczej budynku (GSW) za pomocą przewodu LgY 16 mm<sup>2</sup> Cu. Przewody te należy prowadzić równoległe i jak najbliżej przewodów instalacji AC i DC.

Budynek wyposażony jest w instalację odgromową. W przypadku nie zachowania wystarczającego odstępu izolacyjnego między instalacją PV a elementami instalacji odgromowej, aby zabezpieczyć generator fotowoltaiczny przed przeskokami ładunków elektrycznych z instalacji odgromowej, należy wykonać połączenie wyrównawcze pomiędzy modułami a najbliższym układem zwodów.

Dodatkowym zabezpieczeniem przed prądem piorunowym będzie ogranicznik przepięć typu (1+2). Jeżeli budynek ma instalację odgromową, rozdzielnica główna budynku powinna być wyposażona w ogranicznik przepięć typu 1+2.

W przypadku, jeżeli klient nie posiada należycie wykonanej instalacji uziemiającej należy wykonać osobny zwód odprowadzający do złącza kontrolnego oraz odpowiednio go uziemić zabijając w ziemi odpowiednią ilość prętów uziemiających zapewniając odpowiednią wartość rezystancji uziemienia mniejszą bądź równą wartości 10Ω.

## 2.9. Ochrona przeciwporażeniowa instalacji fotowoltaicznej

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

Falownik uniemożliwia przepływ prądu zwarcia DC do instalacji elektrycznej, dlatego też dodatkowy wyłącznik różnicowoprądowy typu B po stronie instalacji AC w tym przypadku nie jest wymagany (zgodnie z zapisami IEC 60755 Zmiana 2) niemniej, aby wyeliminować prądy upływu projektuje się zabezpieczenie różnicowe typu A zgodnie z DTR producenta falownika.

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

## **2.10. Ochrona przeciwprzebieciowa instalacji fotowoltaicznej**

Ochronę przed wyindukowanymi przebieciami spowodowanymi wyładowaniami atmosferycznymi zaprojektowano stosując ochronniki przebieciowe klasy 1+2. Są to ograniczniki przebiec dedykowane do instalacji fotowoltaicznych. Ochronnik przebieciowy instalacji zostanie zabudowany w skrzynce przyłączeniowej przed falownikiem. W przypadku, gdy długość przewodu pomiędzy modułami fotowoltaicznymi a falownikiem DC/AC przekracza 10m, należy przy modułach zainstalować ogranicznik przebiec typu 1+2 oraz drugi ogranicznik przebiec tego samego typu w pobliżu falownika.

## **2.11. Zespół zabezpieczeń falownika**

Falownik powinien posiadać zabudowany w sobie zespół zabezpieczeń, które można w zależności od wymagań operatora sieci odpowiednio nastawiać. Falownik powinien również posiadać zabudowane w sobie zabezpieczenia przed pracą wyspową dla instalacji fotowoltaicznej. Pracuje on na zasadzie monitorowania zmian częstotliwości sieci. Polega to na tym, że w prawidłowo działającej sieci falownik nie ma możliwości zmienić częstotliwości. Falownik cyklicznie "podejmuje próby" zmian częstotliwości. Jeżeli się to uda, falownik natychmiast przestaje oddawać energię do sieci i odłącza się od niej. Falownik powinien posiadać blokadę przeciw podaniu napięcia do sieci, gdy ta jest w stanie beznapięciowym.

## **2.12. Ochrona zwarciovą**

Ochronę zwarciovą po stronie DC zaprojektowano dedykowanym rozłącznikiem bezpiecznikowym z wkładkami bezpiecznikowymi cylindrycznymi 10x38 mm (15A) zainstalowanych na obydwu biegunach każdego ze stringów. Dobierając bezpieczniki do instalacji fotowoltaicznej po stronie DC należy zwrócić uwagę, aby posiadały one charakterystykę gPV. Po stronie AC ochronę zwarciovą zaprojektowano poprzez wyłącznik instalacyjny S304 B 32A, który należy zainstalować na przyłączach instalacji fotowoltaicznej do zacisków AC.

W pomieszczeniu technicznym, kable zostaną rozprowadzone za pomocą korytek kablowych. Falownik zostanie połączony z rozdzielnicą główną budynku za pomocą kabla YLYżo 0,6/1kV 5x10mm<sup>2</sup>. Strona zmiennoprądowa (AC) falownika zostanie w rozdzielnicy głównej inwestora zabezpieczona wyłącznikiem instalacyjnym S304 B 32A.

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

Dla projektowanej instalacji fotowoltaicznej, ze względu na wartość prądu obciążenia nieprzekraczającą wartości 100A pomiar zostanie wykonany poprzez licznik energii elektrycznej do pomiaru bezpośredniego umieszczony standardowo w falowniku.

### 3. Obliczenia

#### 3.1. Obciążenie znamionowe instalacji fotowoltaicznej

Moc szczytowa instalacji fotowoltaicznej: 17,92 kW = 17920 W

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

$$\text{Prąd obciążenia: } I_B = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos \phi} = 25,87 \text{ A}$$

Zabezpieczenie kabla odpływowego ze strony falownika stanowić będzie wyłącznik nadprądowy typu S304 B 32A.

Obciążalność prądowa długotrwała kabla typu YLY 0,6/1kV 5x10mm<sup>2</sup> wynosi 60A. Wprowadzono współczynnik korekcyjny dla kabli wielożyłowych – do 3 kabli stykających się ze sobą i ułożonych w powietrzu lub na powierzchni, wbudowanych lub obudowanych = 0,80; czyli obciążalność powyższego kabla wyniesie  $0,8 \times 60 \text{ A} = 48 \text{ A}$ .

Sprawdzenie doboru kabla i zabezpieczeń:

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

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

gdzie:

- $I_B$  – obliczeniowy prąd obciążenia długotrwałego
- $I_N$  – 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 łączników samoczynnych z przekaźnikami przeciążeniowymi.

Jako zabezpieczenie przeciążeniowe kabla dobrano wyłącznik nadprądowy typu S304 B 32A.

$$I_B = 25,87 \text{ A}$$

$$I_N = 32 \text{ A}$$

$$I_Z = 48 \text{ A}$$

$$I_2 = 1,45 \times 32 \text{ A} = 46,4 \text{ A}$$

$$I_B = 25,87 \text{ A} \leq I_N = 32 \text{ A} \leq I_Z = 48 \text{ A} \text{ – warunek [1] spełniony}$$

$$I_2 = 46,4 \text{ A} \leq 1,45 \times 48 \text{ A} = 69,6 \text{ A} \text{ – warunek [2] spełniony}$$

### 3.2. Część DC instalacji

Bezpieczniki nadprądowe części DC dobrano wg następującej metodyki:

$$[3] \quad I_n \geq \frac{I_{sc}}{K} * 1,4$$

gdzie:

$I_n$ - prąd znamionowy bezpiecznika

$I_{sc}$ - prąd zwarcia łańcucha modułów

$K$ - współczynnik korygujący w zależności od maksymalnej temperatury otoczenia – dla Polski wynosi on 0,92

W przypadku, gdy bezpieczniki nadprądowe obsługują jeden łańcuch połączonych szeregowo modułów:

$$I_n = 15A$$

$$I_{sc} = 9,65A$$

$$I_n = 15A \geq 9,65/0,92 \times 1,4 = 14,68A \text{ – warunek [3] spełniony}$$

## 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 wynoszącym 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. ponad 1cm przy około 200V DC). Łuk pojawia się przy rozłączaniu pracującego obwodu, a nie podczas jego złączania. 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 przypalone 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 oparzenie 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 rozłączać 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 światło 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 dachach. W razie potrzeby obszar inwestycji należy zabezpieczyć barierkami, aby uniknąć uszkodzeń przez spadające elementy. Podczas pracy na dachach muszą być przestrzegane odpowiednie 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

### Przeglądy:

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

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

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

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

### Mycie modułów:

- do mycia modułów nie należy stosować myjek wysokociśnieniowych, pary lub środków chemicznych powodujących korozję. Nie należy używać szorstkich gąbek lub narzędzi, które mogłyby zarysować powierzchnię panelu.
- należy stosować zwykłą wodę, bez dodatków detergentów. Nie zaleca się stosowania wody z dużą zawartością minerałów, gdyż może ona zostawiać osad na panelach;
- nie należy dotykać części przewodzących prąd elektryczny;
- powinno się unikać mycia modułów podczas słonecznych dni, kiedy temperatura

- modułów przekracza 60°C;
- zaleca się mycie z częstotliwością 2 razy w roku, głównie po okresach pylenia i nawożenia roślin.
  - W chłodniejszym klimacie, nie należy usuwać zamrożonej warstwy śniegu lub lodu z powierzchni panelu, gdyż może to skutkować zarysowaniami. Można jedynie usunąć lekki śnieg za pomocą miękkiej szczotki, aby zwiększyć wydajność.
  - 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

Elementy ujęte w opisie, nieujęte na rysunkach lub ujęte na rysunkach, nieujęte w opisie traktować w taki sposób jakby były ujęte w obu częściach (rysunkowej i opisowej). Wykonawca może wprowadzić alternatywne rozwiązania pod warunkiem ich wcześniejszego przedłożenia Inwestorowi lub jego reprezentantom oraz uzyskania ich pozytywnej akceptacji. W przypadku błędu, pomyłki lub wątpliwości interpretacyjnych niniejszej dokumentacji, Wykonawca przed złożeniem oferty zobowiązany jest je wyjaśnić z Inwestorem, który jako jedyny jest upoważniony do wprowadzania zmian, rozstrzygając na swoją korzyść wszystkie kwestie sporne.

OPRACOWAŁ:

**mgr inż. Tomasz Niespodziński**  
Uprawnienia Urzędu Dozoru Technicznego  
(systemy fotowoltaiczne)  
**Nr upr. OZE-W/03/000017/15**

## 7. Załączniki

- Schemat jednokreskowy instalacji fotowoltaicznej (E.01)
- Schemat jednokreskowy strony DC (E.02)
- Schemat jednokreskowy strony AC (E.03)
- Projekt symulacji instalacji fotowoltaicznej