

# Projekt Wykonawczy

**TEMAT:** **PROJEKT MIKROINSTALACJI  
FOTOWOLTAICZNEJ**

**OBIEKT:** **MIKROINSTALACJA FOTOWOLTAICZNA NA DACHU  
BUDYNKU UŻYTECZNOŚCI PUBLICZNEJ - ŚWIETLICA**

**ADRES MIKROINSTALACJI:**

**ZAJĄCZKOWO, 87-140 CHEŁMŻA  
NR DZ. 95/2, OBRĘB: 0027 ZAJĄCZKOWO**

**INWESTOR:** **GMINA CHEŁMŻA,  
UL. WODNA 2, 87-140 CHEŁMŻA**

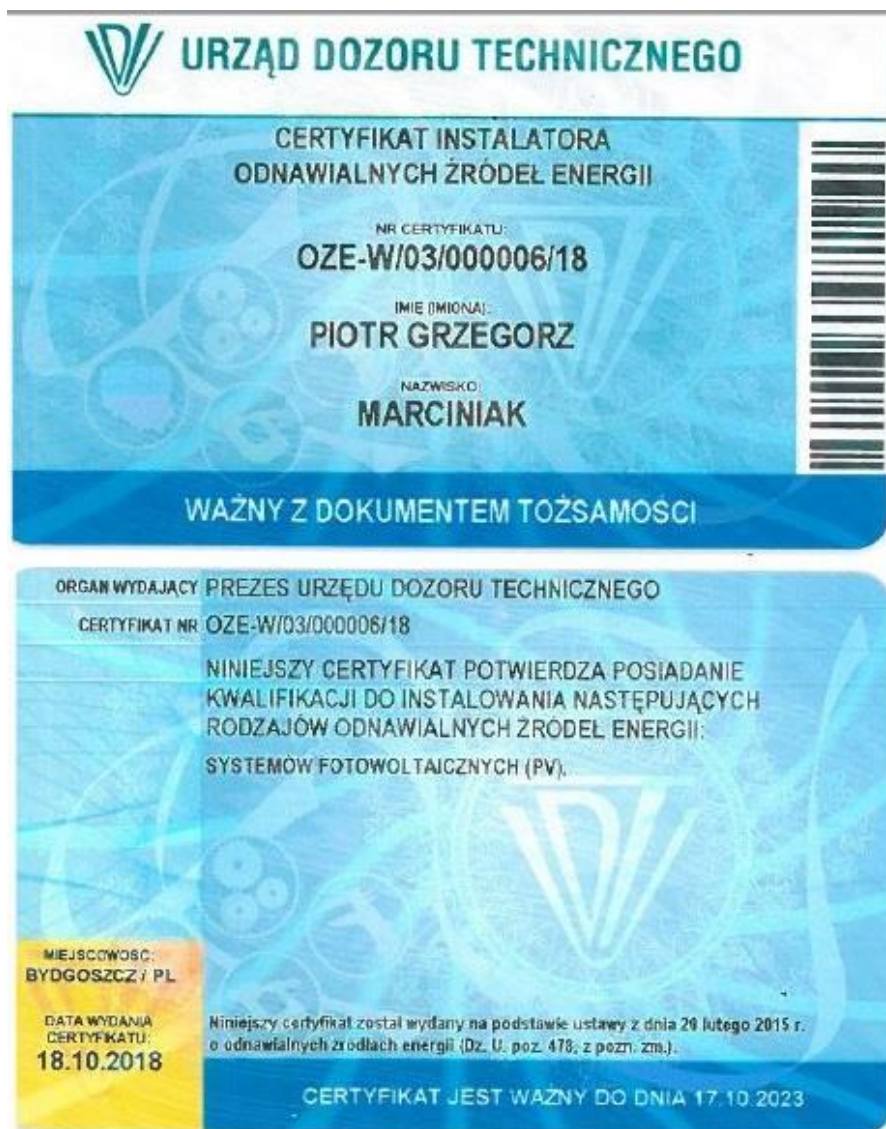
<i>FUNKCJA</i>	<i>IMIĘ I NAZWISKO</i>	<i>PODPIS</i>
PROJEKTANT	<b>mgr inż. Piotr Grzegorz Marciniak</b> Certyfikat Urzędu Dozoru Technicznego (systemy fotowoltaiczne) <b>Nr upr. OZE-W/03/000006/18</b>	
PROJEKTANT	<b>Jarosław Kaniewski</b> Uprawnienia SEP na stanowisku: <b>- Eksploatacji nr E/358/103/15</b> <b>- Dozoru nr D/144/358/17</b>	

*WŁOCŁAWEK, 17 PAŹDZIERNIK 2018 r.*

## Spis treści

1. Część ogólna.....	6
1.1. Przedmiot opracowania .....	6
1.2. Podstawa opracowania .....	6
1.3. Zakres opracowania .....	6
1.4. Podstawa prawna .....	6
2. Część techniczna.....	7
2.1. Charakterystyka mikroinstalacji fotowoltaicznej .....	7
2.2. Wymagania dotyczące modułów fotowoltaicznych:.....	7
2.3. Wymagania dotyczące falowników: .....	8
2.4. Montaż paneli PV .....	8
2.5. Montaż falownika (inwertera) .....	9
2.6. Część DC mikroinstalacji fotowoltaicznej.....	10
2.7. Część AC mikroinstalacji PV.....	10
2.8. Uziemienie i połączenie wyrównawcze mikroinstalacji fotowoltaicznej.....	11
2.9. Ochrona przeciwporażeniowa mikroinstalacji fotowoltaicznej.....	11
2.10. Ochrona przeciwprzepięciowa mikroinstalacji fotowoltaicznej .....	11
2.11. Zespół zabezpieczeń falownika.....	12
2.12. Ochrona zwarciorowa .....	12
2.13. Układ rozliczeniowy mikroinstalacji fotowoltaicznej.....	12
3. Obliczenia .....	12
3.1. Obciążenie znamionowe mikroinstalacji fotowoltaicznej .....	12
4. Zasady BHP .....	13
5. Konserwacja i przeglądy określone zostaną w umowie z Wykonawcą .....	15
6. Zalecenie dla użytkownika instalacji.....	15
7. Postanowienia końcowe.....	16
8. Załączniki.....	17

## Uprawnienia projektanta



## Uprawnienia projektanta

<p><b>KOMISJA KWALIFIKACYJNA</b> NR 358 STOWARZYSZENIE ELEKTRYKÓW POLSKICH Oddział Włocławski 87-800 Włocławek, ul. Okrzeja 2B</p>	<p><b>ŚWIADECTWO JEST WAŻNE DO</b> <b>10 CZERWCA 2020r.</b></p> <p><small>Ustawa z dn. 4 marca 2003r. o zmianie ustawy – Prawo energetyczne oraz ustawy – Prawo ochrony środowiska (Dz. U. Nr 62, poz. 562)</small></p>
<p><b>KOMISJA KWALIFIKACYJNA</b> NR 358 STOWARZYSZENIE ELEKTRYKÓW POLSKICH Oddział Włocławski 87-800 Włocławek, ul. Okrzeja 2B</p>	<p><b>ŚWIADECTWO JEST WAŻNE DO</b> <b>10 CZERWCA 2020r.</b></p> <p><small>Ustawa z dn. 4 marca 2003r. o zmianie ustawy – Prawo energetyczne oraz ustawy – Prawo ochrony środowiska (Dz. U. Nr 62, poz. 562)</small></p>

<p><b>KOMISJA KWALIFIKACYJNA</b> NR 358 STOWARZYSZENIE ELEKTRYKÓW POLSKICH Oddział Włocławski Tel. 783 952 140 NIP 525-000-09-79</p>	<p><b>ŚWIADECTWO JEST WAŻNE DO</b> <b>25 LIPCA 2022r</b></p> <p><small>Ustawa z dn. 4 marca 2003r. o zmianie ustawy – Prawo energetyczne oraz ustawy – Prawo ochrony środowiska (Dz. U. Nr 62, poz. 562)</small></p>
<p><b>KOMISJA KWALIFIKACYJNA</b> NR 358 STOWARZYSZENIE ELEKTRYKÓW POLSKICH Oddział Włocławski Tel. 783 952 140 NIP 525-000-09-79</p>	<p><b>ŚWIADECTWO JEST WAŻNE DO</b> <b>25 LIPCA 2022r</b></p> <p><small>Ustawa z dn. 4 marca 2003r. o zmianie ustawy – Prawo energetyczne oraz ustawy – Prawo ochrony środowiska (Dz. U. Nr 62, poz. 562)</small></p>

<p><b>Komisja Kwalifikacyjna Nr 358</b> działająca zgodnie z przepisami 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. Nr 89, poz. 828 i Nr 129, poz. 1184 oraz z 2005 r. Nr 141, poz. 1189), na podstawie wyniku egzaminu złożonego</p> <p><b>w dniu 11 czerwca 2015r.</b> i protokołu nr 103/2015 stwierdza, że Pani:</p> <p><b>Jarosław Kaniewski</b> i legitymujący się numerem ewidencyjnym PESEL 96031001617 i dokumentem tożsamości ARX679776</p> <p>spełnia wymagania kwalifikacyjne do wykonywania pracy na stanowisku eksploatacji w zakresie: obsługi, konserwacji, remontów, montażu dla następujących urządzeń, instalacji i sieci:</p>	<p><b>Grupa 1. Urządzenia, instalacje i sieci elektroenergetyczne wytwarzające, przetwarzające, przesyłające i zużywające energię elektryczną:</b></p> <p>2. urządzenia, instalacje i sieci elektroenergetyczne o napięciu nie wyższym niż 1 kV;</p> <p>7. sieci elektrycznego oświetlenia ulicznego</p>
---	--

<p><b>Komisja Kwalifikacyjna Nr 358</b> działająca zgodnie z przepisami 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. Nr 89, poz. 828 i Nr 129, poz. 1184 oraz z 2005 r. Nr 141, poz. 1189), na podstawie wyniku egzaminu złożonego</p> <p><b>w dniu 26 lipca 2017 r</b> i protokołu nr D/144/358/17 stwierdza, że Pani:</p> <p><b>JAROSŁAW KANIEWSKI</b> i legitymujący się numerem ewidencyjnym PESEL 96031001617 i dokumentem tożsamości AXR 679776</p> <p>spełnia wymagania kwalifikacyjne do wykonywania pracy na stanowisku dozoru w zakresie: obsługi, konserwacji, remontów, montażu, kontroli-pomiarowym dla następujących urządzeń, instalacji i sieci:</p>	<p><b>Grupa 1. Urządzenia, instalacje i sieci elektroenergetyczne wytwarzające, przetwarzające, przesyłające i zużywające energię elektryczną:</b></p> <p>2. urządzenia, instalacje i sieci elektroenergetyczne o napięciu nie wyższym niż 1 kV;</p> <p>4. zespoły prądotwórcze o mocy powyżej 50 kW;</p> <p>7. sieci elektrycznego oświetlenia ulicznego;</p> <p>9. elektryczne urządzenia w wykonaniu przeciwwybuchowym;</p> <p>10. aparatura kontrolno-pomiarowa oraz urządzenia i instalacje automatycznej regulacji, sterowania i zabezpieczeń urządzeń i instalacji wymienionych w pkt. 2, 4, 7, 9</p>
---	--

<p><b>Komisja Kwalifikacyjna Nr 358</b> działająca zgodnie z przepisami 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. Nr 89, poz. 828 i Nr 129, poz. 1184 oraz z 2005 r. Nr 141, poz. 1189), na podstawie wyniku egzaminu złożonego</p> <p><b>w dniu 26 lipca 2017 r</b> i protokołu nr D/144/358/17 stwierdza, że Pani:</p> <p><b>JAROSŁAW KANIEWSKI</b> i legitymujący się numerem ewidencyjnym PESEL 96031001617 i dokumentem tożsamości AXR 679776</p> <p>spełnia wymagania kwalifikacyjne do wykonywania pracy na stanowisku dozoru w zakresie: obsługi, konserwacji, remontów, montażu, kontroli-pomiarowym dla następujących urządzeń, instalacji i sieci:</p>	<p><b>Grupa 1. Urządzenia, instalacje i sieci elektroenergetyczne wytwarzające, przetwarzające, przesyłające i zużywające energię elektryczną:</b></p> <p>2. urządzenia, instalacje i sieci elektroenergetyczne o napięciu nie wyższym niż 1 kV;</p> <p>4. zespoły prądotwórcze o mocy powyżej 50 kW;</p> <p>7. sieci elektrycznego oświetlenia ulicznego;</p> <p>9. elektryczne urządzenia w wykonaniu przeciwwybuchowym;</p> <p>10. aparatura kontrolno-pomiarowa oraz urządzenia i instalacje automatycznej regulacji, sterowania i zabezpieczeń urządzeń i instalacji wymienionych w pkt. 2, 4, 7, 9</p>
---	--

Włocławek, dnia: 17.10.2018r.

## ***O ś w i a d c z e n i e***

My, niżej podpisani, stwierdzamy, że projekt wykonawczy instalacji elektrycznej w zakresie mikroinstalacji fotowoltaicznej na dachu budynku użyteczności publicznej zlokalizowanego: Zajączkowo, 87-140 Chełmża (nr dz. 95/2, obręb: 0027 Zajączkowo), opracowano zgodnie z obowiązującymi przepisami oraz zasadami wiedzy technicznej, wytycznymi do projektowania i wykonywania mikroinstalacji fotowoltaicznych. Zaprojektowane mikroinstalacje 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 50 kW<sub>p</sub>) nie wymagają uzyskania pozwolenia na budowę czy zgłoszenia robót budowlanych.

Podstawa prawna oświadczenia: 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. Piotr Grzegorz Marciniak**  
Certyfikat Urzędu Dozoru Technicznego  
(systemy fotowoltaiczne)  
**Nr upr. OZE-W/03/000006/18**

Podpis

**Jarosław Kaniewski**  
Uprawnienia SEP na stanowisku:  
**- Eksploatacji nr E/358/103/15**  
**- Dozoru nr D/144/358/17**

## **1. Część ogólna**

### **1.1. Przedmiot opracowania**

Przedmiotem niniejszego opracowania jest projekt wykonawczy mikroinstalacji fotowoltaicznej do produkcji energii elektrycznej pochodzącej ze źródeł odnawialnych na potrzeby budynku użyteczności publicznej zlokalizowanego: Zajączkowo, 87-140 Chełmża (nr dz. 95/2, obręb: 0027 Zajączkowo), Inwestycja nie wpływa negatywnie na środowisko naturalne i zdrowie ludzi a strefa jej oddziaływania mieści się w całości na działce, na której została zaprojektowana.

### **1.2. Podstawa opracowania**

Podstawą niniejszego opracowania w części formalnej jest umowa zawarta pomiędzy Inwestorem: Gmina Chełmża, ul. Wodna 2, 87-140 Chełmża, a Smart Eko Sp. z o.o., ul. Toruńska 148, 87-800 Włocławek.

### **1.3. Zakres opracowania**

W zakres opracowania wchodzi sporządzenie projektu wykonawczego mikroinstalacji fotowoltaicznej, obejmującego m.in. dobór modułów, falownika, połączeń kablowych, zabezpieczeń i pozostałych elementów wchodzących w skład kompletnej mikroinstalacji PV.

### **1.4. Podstawa prawna**

Projekt mikroinstalacji fotowoltaicznej został opracowany na podstawie regulacji prawnych:

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

## 2. Część techniczna

### 2.1. Charakterystyka mikroinstalacji fotowoltaicznej

Mikroinstalacja fotowoltaiczna o mocy docelowej 5,27 kWp zostanie wykonana na ~~gruncie/dachu budynku mieszkalnego/dachu budynku gospodarczego/na dachu garażu~~ /na dachu budynku użyteczności publicznej. Jako źródło energii odnawialnej zastosowane zostaną moduły fotowoltaiczne monokrystaliczne/~~polikrystaliczne~~ o mocy 310 Wp/moduł.

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

- konkretnego pokrycia dachowego (papa) dla dachu płaskiego/~~skośnego~~
- ~~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 mikroinstalacji dachowej) i każdorazowo powinien być montowany zgodnie z zaleceniami 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). Zaprojektowano układ 2-stringowy (1x11 oraz 1x6), który będzie tworzył generator słoneczny i zostanie podłączony do falownika trójfazowego o mocy znamionowej około 4,5 kW.

### 2.2. Wymagania dotyczące modułów fotowoltaicznych:

- Wymagania stawiane modułom fotowoltaicznym:

Parametr		Wartość
Moc nominalna modułu	$P_{max}$	Min. 310 Wp
Dodatnia tolerancja mocy	Wp	0 - 5 Wp
Typ modułu	-	Monokrystaliczny
Maksymalne napięcie pracy	$V_{DC}$	1000 V <sub>DC</sub>
Szerokość modułu	-	990 mm (+/- 10 mm)
Wysokość modułu	-	1650 mm (+/- 20 mm)
Waga	-	Maks. 20 kg
Odporność na obciążenia, nacisk	-	Min. 5400 Pa
Sprawność modułu	$\eta$	Min. 18,6 %
Współczynniki temperaturowe	$P_{max}$	$\geq -0,43 \text{ } ^\circ\text{C}$
	$V_{oc}$	$\geq -0,3 \text{ } ^\circ\text{C}$
	$I_{sc}$	$\leq 0,06 \text{ } ^\circ\text{C}$
Liniowa gwarancja mocy	lata	25 lat (min. 80%)

- Ponadto do celów projektowych założono parametry:

Parametr		Wartość
Napięcie nominalne modułu	$V_{mpp}$	31,7 V
Napięcie przy otwartym obwodzie	$V_{oc}$	39,7 V
Prąd nominalny modułu	$I_{mpp}$	9,8 A
Prąd zwarcia	$I_{sc}$	10,12 A

### 2.3. Wymagania dotyczące falowników:

- Moc wyjściowa falownika powinna być zbliżona do łącznej mocy znamionowej modułów fotowoltaicznych (odchylenie mocy falownika w stosunku do łącznej mocy zamontowanych modułów fotowoltaicznych należy przyjmować wg zaleceń producenta urządzenia),
- falowniki trójfazowe, beztransfatorowe,
- stopień ochrony: min. IP65,
- połączenie z Internetem przez Ethernet lub Wi-Fi,
- gwarancja min. 5 lat,
- zakres temperatur pracy:  $-25^{\circ}\text{C} \dots +60^{\circ}\text{C}$ ,
- zakres wilgotności powietrza: 0 - 100%,
- wyposażony w ekran graficzny,
- zgodność z normą PN-EN 50438:2014 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 (patrz specyfikacja techniczna modułu) jest równa całkowitemu napięciu obwodu. Maksymalne dopuszczalne napięcie generatora fotowoltaicznego nie może przekraczać maksymalnego dopuszczalnego napięcia inwertera (do 1000V DC).

Montaż i obsługa modułów fotowoltaicznych powinny być wykonywane przez osoby posiadające stosowne uprawnienia do instalacji odnawialnego źródła energii w zakresie systemów fotowoltaicznych oraz posiadającym doświadczenie i wiedzę techniczną.

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 lub przewodem LgY min.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,
- w przypadku montażu na dachu, należy zachować odpowiednią przestrzeń między poszyciem dachu a modułami, aby zapewnić prawidłową cyrkulację powietrza (min. 10cm),
- odstęp 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 na dłuższej krawędzi modułu,
- zaciski mocujące (klemy) oraz poszczególne elementy konstrukcji należy dokręcać z siłą, nie powodującą widocznych uszkodzeń, kluczem dynamometrycznym z siłą zgodną ze specyfikacją producenta,
- połączenie szeregowe lub równoległe paneli odpowiednio zwiększa napięcie lub natężenie.

Wykonawca przed montażem elementów mikroinstalacji fotowoltaicznej ma obowiązek zweryfikować nośność konstrukcji dachu, na którym będą usytuowane moduły fotowoltaiczne, 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 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. Po uruchomieniu próbnym mikroinstalacji należy wykonać połączenie inwertera z siecią internetową oraz zarejestrowanie 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 mikroinstalacji, 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, 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 mikroinstalacji fotowoltaicznej

Połączenia poszczególnych grup modułów 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 warunkach zewnętrznych i być odporne na promieniowanie UV. Ewentualne przejścia kabli przez dach oraz elewację budynku zostaną odpowiednio zabezpieczone przed możliwością przeniknięcia wody. Rozdzielnice, w których zostaną wykonane połączenia instalacji stałoprądowej muszą posiadać atest pozwalający na ich stosowanie w obwodach DC o napięciu znamionowym 1000 V.

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%.

Jako podstawową ochronę przeciwpożarową zastosowano rozłącznik ograniczający napięcie na modułach fotowoltaicznych do wartości bliskiej 0 V wprowadzając zwarcie w obwodzie stałoprądowym, co pozwoliło osiągnąć napięcie bezpieczne mikroinstalacji fotowoltaicznej.

## 2.7. Część AC mikroinstalacji PV

Za falownikiem w rozdzielnicy zamontować wyłącznik nadprądowy S303 B 10A oraz zabezpieczenie różnicowo-prądowe typu P304 25A 100mA typ A. W rozdzielnicy

głównej budynku zamontować wyłącznik nadprądowy S303 B 16A. Połączenie pomiędzy falownikiem a rozdzielnicą główną wykonać za pomocą przewodu odpowiednio YDYżo lub YKYżo 5x6mm<sup>2</sup>. W przypadku, gdy budynek, na którym projektowana jest mikroinstalacja fotowoltaiczna nie posiada 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 mikroinstalacji fotowoltaicznej**

W celu wyrównania potencjałów ram i konstrukcji instalacji PV należy wykonać połączenia wyrównawcze, których odprowadzenie należy poprowadzić do uziemienia instalacji fotowoltaicznej za pomocą przewodu LgY min.16 mm<sup>2</sup> Cu wykonaną na zewnątrz budynku. Przewody te należy prowadzić równolegle i jak najbliżej przewodów instalacji AC i DC. Wartość rezystancji uziemienia nie powinna być większa niż 10Ω.

Budynek wyposażony jest w instalację odgromową. W przypadku nie zachowania wystarczającego odstępu izolacyjnego (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 na elewacji budynku podłączone do pokrycia dachowego wykorzystując w ten sposób zwód naturalny w postaci dachu

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.

## **2.9. Ochrona przeciwporażeniowa mikroinstalacji fotowoltaicznej**

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

Projektowany 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 niemniej, aby wyeliminować prądy upływu projektuje 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 mikroinstalacji fotowoltaicznej**

Ochronę przed wyindukowanymi przepięciami spowodowanymi wyładowaniami atmosferycznymi zaprojektowano stosując ochronniki przepięć klasy 1+2. Są to ograniczniki przepięć dedykowane do mikroinstalacji fotowoltaicznych. Ochronnik

przebieg mikroinstalacji PV zostanie zabudowany w skrzynce przyłączeniowej przed falownikiem. W przypadku, gdy długość przewodu pomiędzy modułami fotowoltaicznymi a falownikiem DC/AC przekracza 10m, należy zainstalować ogranicznik przepięć typu 1+2 przy modułach oraz drugi ogranicznik przepięć tego samego typu w pobliżu falownika. Do uziemienia ograniczników przepięć należy stosować przewód miedziany o przekroju min. 16mm<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 wyspową dla mikroinstalacji fotowoltaicznej. Jeżeli falownik nie posiada rozłącznika po stronie DC, należy go zamontować.

## **2.12. Ochrona zwarciovą**

Ochronę zwarciovą po stronie DC zaprojektowano dedykowanym rozłącznikiem bezpiecznikowym z wkładkami bezpiecznikowymi cylindrycznymi 10x38 mm zainstalowanych na obydwu biegunach każdego ze stringów. Dobierając bezpieczniki do mikroinstalacji fotowoltaicznej po stronie DC należy zwrócić uwagę, aby posiadały one charakterystykę gPV. Parametry wkładek bezpiecznikowych należy dostosować do parametrów układu modułów fotowoltaicznych. Po stronie AC ochronę zwarciovą zaprojektowano poprzez wyłącznik nadprądowy S303 B 10A, który należy zainstalować na przyłączach do zacisków AC.

W pomieszczeniach kable zostaną rozprowadzone za pomocą korytek kablowych. Falownik należy połączyć z rozdzielnicą główną budynku za pomocą kabla YKYżo lub YDYżo 5x6mm<sup>2</sup>. Strona zmiennoprądowa (AC) falownika zostanie w rozdzielnicy głównej budynku zabezpieczona wyłącznikiem nadprądowym S303 B 16A.

## **2.13. Układ rozliczeniowy mikroinstalacji fotowoltaicznej**

Dla projektowanej mikroinstalacji fotowoltaicznej pomiar wyprodukowanej energii elektrycznej zostanie wykonany poprzez urządzenia wewnętrzne zabudowane bezpośrednio w falowniku. Rozliczenie z Operatorem odbywać się będzie za pomocą licznika czterokwadrantowego. Wymiana licznika leży po stronie OSD.

# **3. Obliczenia**

## **3.1. Obciążenie znamionowe mikroinstalacji fotowoltaicznej**

Typ instalacji: 3-fazowa

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

Prąd obciążenia:  $I_B =$  maksymalny prąd wyjściowy po stronie AC falownika  $= 6,5 \text{ A}$

Zabezpieczenie kabla odpływowego z falownika stanowić będzie wyłącznik nadprądowy typu S303 B 10A.

Obciążalność prądowa długotrwała kabla typu YKYżo/YDYżo  $5 \times 6 \text{ mm}^2$  wynosi 34A. Wprowadzono współczynnik korekcyjny dla kabli wielożyłowych  $= 0,79$ ; czyli obciążalność powyższego kabla wyniesie  $0,79 \times 34 \text{ A} = 26,86 \text{ A}$ .

Sprawdzenie doboru kabla i zabezpieczeń:

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

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

gdzie:

- $I_B$  – 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 charakterystyce B, C, D.

$$I_B = 6,5 \text{ A}$$

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

$$I_Z = 26,86 \text{ A}$$

$$I_2 = 1,45 \times 10 \text{ A} = 14,5 \text{ A}$$

$$I_B = 6,5 \text{ A} \leq I_N = 10 \text{ A} \leq I_Z = 26,86 \text{ A} \text{ – warunek [1] spełniony}$$

$$I_2 = 14,5 \text{ A} \leq 1,45 \times 26,86 \text{ A} = 38,9 \text{ A} \text{ – warunek [2] spełniony}$$

#### 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 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. Do odłączania paneli od inwertera służą dedykowane do mikroinstalacji 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 volt, jakie występują po stronie DC mikroinstalacji 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 błąda, 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 mikroinstalacją fotowoltaiczną należy podjąć środki zapobiegawcze jak w przypadku gaszenia pomieszczeń / obiektów, w którym znajdują się urządzenia pod napięciem (np. akumulatorowni), przede wszystkim odłączyć mikroinstalację 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 określone zostaną w umowie z Wykonawcą**

Zaleca się, aby instalacja fotowoltaiczna była monitorowana pod kątem uzysków energetycznych przez cały okres eksploatacji.

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

## **6. Zalecenie dla użytkownika instalacji**

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.

## **7. Postanowienia końcowe**

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 Zamawiającemu oraz uzyskania od Zamawiającego 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, Wykonawca przed złożeniem oferty zobowiązany jest je wyjaśnić z Zamawiającym, który jako jedyny jest upoważniony do wprowadzania zmian, rozstrzygając na swoją korzyść wszystkie kwestie sporne.

Wszystkie mikroinstalacje 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 wykonywania badań. W czasie wykonywania 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:

**mgr inż. Piotr Grzegorz Marciniak**  
Certyfikat Urzędu Dozoru Technicznego  
(systemy fotowoltaiczne)  
**Nr upr. OZE-W/03/000006/18**



## **8. Załączniki**

1. Schemat jednokreskowy mikroinstalacji fotowoltaicznej (E.01)
2. Schemat jednokreskowy strony DC (E.02)
3. Schemat jednokreskowy strony AC (E.03)
4. Projekt symulacji mikroinstalacji fotowoltaicznej