

WZORCOWE OPRACOWANIE TECHNICZNE INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ o mocy 2,4 kWp

Nazwa projektu: „Montaż instalacji OZE na terenie Miasta Piotrkowa Trybunalskiego”

Inwestor: Miasto Piotrków Trybunalski
Pasaż Karola Rudowskiego 10
97-300 Piotrków Trybunalski

Adres inwestycji: Budynki mieszkalne na terenie Miasta Piotrkowa Trybunalskiego

mgr inż. Norbert Gajda
uprawnienia budowlane do projektowania
i kierowania robotami budowlanymi bez ograniczeń
w specjalności instalacyjnej w zakresie sieci, instalacji
i urządzeń elektrycznych i elektroenergetycznych
Nr ewid. LUB/0068/PWBE/15

Maj 2023

Zawartość opracowania

Zawartość opracowania	2
1. Opis techniczny	3
1.1 Podstawa opracowania	3
1.2 Przedmiot opracowania	3
1.3 Lokalizacja inwestycji i opis obiektu	4
1.4 Opis przedsięwzięcia	4
1.5 Elementy składowe systemu	5
1.6 Zestawienie głównych elementów instalacji	5
2. Charakterystyka głównych elementów i zabezpieczeń instalacji	5
2.1 Moduły fotowoltaiczne	5
2.2 Inwerter fotowoltaiczny	6
2.3 Charakterystyka instalacji elektrycznej	8
2.4 Okablowanie DC inwerterów	8
2.5 Okablowanie AC inwerterów	9
2.6 Instalacja uziemiająca	9
2.7 Ochrona przeciwporażeniowa	10
2.8 Ochrona przeciwprzepięciowa	10
2.9 Ochrona przeciwpożarowa	11
3.1 Bilans mocy instalacji fotowoltaicznej	11
3.2 Potrzeby własne	11
3.3 Obliczenia instalacji	11
3.4 Wyniki obliczeń	12
3.5 Prąd obliczeniowy szczytowy obwodu	12
4. Opis konstrukcji wsporczej i przykładowych rozwiązań montażowych	12
5. Procedura odbiorowa instalacji	15
6. Informacje związane z bezpieczeństwem i ochroną zdrowia	15
6.1 Zakres robót	15
6.2 Istniejące obiekty budowlane	15
6.3 Elementy zagospodarowania terenu mogące stwarzać zagrożenie bezpieczeństwa i zdrowia	15
6.4 Przewidywane zagrożenie występujące podczas realizacji robót budowlanych	16
6.5 Sposób prowadzenia instrukcji pracowników przed przystąpieniem do realizacji robót szczególnie niebezpiecznych	16
6.6 Środki techniczne i organizacyjne zapobiegające niebezpieczeństwom wynikającym z wykonywania robót budowlanych	16
6.7 Wpływ na środowisko	16
7. Bezpieczeństwo eksploatacji – opracowanie ogólne	16
8. Uwagi końcowe	21
9. Literatura	21
10. Rozporządzenia i ustawy	23

1. Opis techniczny

1.1 Podstawa opracowania

Niniejsze opracowanie techniczne obejmuje wzorcową instalację fotowoltaiczną wraz z zabudową modułów PV, inwerterów oraz kabli łączących poszczególne generatory słoneczne na obiektach objętych realizowanym zadaniem. Opracowanie to zostaje sporządzone na podstawie:

- umowy z Inwestorem
- uzgodnień z Inwestorem (regulamin)
- inwentaryzacją obiektu objętego inwestycją
- obowiązujących norm i przepisów
- ogólnych warunków związanych z dofinansowaniem
- wytycznych projektowania instalacji fotowoltaicznych

Opracowanie należy traktować jako poglądowe określające minimalne lub częściowe wymagania co do zakresu wykonania i zastosowania. Wykonawca bezwzględnie przed przystąpieniem do prac projektowych i montażowych musi zweryfikować stan faktyczny na danym budynku jak i dobór poszczególnych elementów instalacji. W zależności od formy realizowanego zadania niniejsze opracowanie stanowi podstawy oraz sugestie dla Wykonawcy lub Projektanta. Ostateczna wersja musi zostać zaakceptowana z Zamawiającym, Inspektorem Nadzoru oraz Projektantem i Kierownikiem Budowy.

1.2 Przedmiot opracowania

Przedmiotem opracowania jest mikroinstalacji fotowoltaiczna o mocy 2,4 kWp.

Opracowanie swoim zakresem obejmuje:

- Linie kablowe NN – wewnętrzne linie zasilające;
- Konstrukcje wsporcze;
- Moduły fotowoltaiczne;
- Inwerter DC/AC;
- Ochronę przeciwporażeniową;
- Ochronę przeciwprzepięciową;

Opracowanie nie obejmuje wymiany istniejącego licznika energii elektrycznej. Wymiana licznika leży po stronie lokalnego dystrybutora energii elektrycznej, z którym umowę posiada Właściciel lokalu. Zgłoszenia instalacji dokonuje Wykonawca po przeprowadzeniu komisyjnego odbioru instalacji przez Inwestora. Opracowanie nie obejmuje modernizacji istniejącej sieci elektrycznej w obiekcie oraz jej modernizacji w celu możliwości zamontowania instalacji PV. Wszelkie konieczności związane z modernizacją istniejącej

instalacji oraz z obowiązującymi przeglądami leżą po stronie Właściciela. W związku z faktem, iż każda instalacja jest inna należy pamiętać o poglądowym charakterze powyższej dokumentacji.

1.3 Lokalizacja inwestycji i opis obiektu

Poniższe dane w zależności od formy postępowania przetargowego i ważności dokumentu są określone zgodnie z opisem poniżej. W trakcie postępowania Wykonawca może zadać zapytanie do Zamawiającego w jakiej formie dysponuje poniższymi informacjami.

Lokalizacja modułów PV	Budynek mieszkalny / gospodarczy / lokalizacja na gruncie
Typ dachu	Określony w opracowaniach indywidualnych / określony w audytach / określa Wykonawca po przeprowadzonych wizjach
Poszycie dachu	Blachodachówka / Blacha trapezowa / Dachówka ceramiczna / Gont
Kąt dachu	Określony w opracowaniach indywidualnych / określony w audytach / określa Wykonawca po przeprowadzonych wizjach
Kierunek montażu	Określony w opracowaniach indywidualnych / określony w audytach / określa Wykonawca po przeprowadzonych wizjach
Miejsce montażu inwertera	Określony w opracowaniach indywidualnych / określony w audytach / określa Wykonawca po przeprowadzonych wizjach
Prowadzenie przewodów DC	Określony w opracowaniach indywidualnych / określony w audytach / określa Wykonawca po przeprowadzonych wizjach
Prowadzenie przewodów AC	Określony w opracowaniach indywidualnych / określony w audytach / określa Wykonawca po przeprowadzonych wizjach

1.4 Opis przedsięwzięcia

Przedsięwzięcie ma na celu budowę mikro instalacji fotowoltaicznej na budynku mieszkalnym / gospodarczym / gruncie obok budynku, umożliwiającą produkcję energii elektrycznej za pomocą modułów fotowoltaicznych – urządzeń dokonujących konwersję promieniowania słonecznego na prąd elektryczny. Panele fotowoltaiczne będą mocowane na dedykowanych konstrukcjach wsporczych zapewniających bezpieczne użytkowanie i obsługę systemu. Energia elektryczna z paneli fotowoltaicznych przekazywana będzie wydzielonymi obwodami DC do inwerterów. W inwerterach tych energia będzie przekształcana na napięcie 230V o częstotliwości 50Hz i przekazywana kablem elektroenergetycznym NN poprzez rozdzielnicę główną budynku do sieci wewnętrznej. Produkcja energii elektrycznej w elektrowni ma na celu zużycie energii na miejscu oraz

dalsze oddawanie nadwyżek wyprodukowanej energii. Znamionowa moc instalacji powinna być określona pomiarami w Standardowych Warunkach Pomiaru.

1.5 Elementy składowe systemu

Na elementy składowe instalacji fotowoltaicznej składają się:

- zestaw modułów fotowoltaicznych wraz z konstrukcją wsporczą;
- instalacja elektryczna wraz z automatyką zapewniającą dostosowanie parametrów produkowanej energii do wymogów pracy z siecią lokalnego Dystrybutora;
- instalacja wraz z zabezpieczeniami;

System będzie składał się z 6 modułów.

1.6 Zestawienie głównych elementów instalacji

Lp.	Wyszczególnienie	Ilość
1	Moduł fotowoltaiczny	6 szt.
2	Inwerter	1 szt.
3	Skrzynka przyłączeniowa po stronie AC wykonanie w II klasie ochronności o IP 65	1 szt.
4	Skrzynka przyłączeniowa po stronie DC wykonanie w II klasie ochronności o IP 65	1 szt.
5	Konstrukcja dedykowana dla instalacji fotowoltaicznej	1 kpl.
6	Elementy montażowe, rurki instalacyjne, uchwyty itp.	1 kpl.
7	Okablowanie	1 kpl.
8	Zabezpieczenie przeciwprzepięciowe	1 kpl.

2. Charakterystyka głównych elementów i zabezpieczeń instalacji

2.1 Moduły fotowoltaiczne

Panele fotowoltaiczne monokrystaliczne są urządzeniami dokonującymi konwersji promieniowania słonecznego na energię elektryczną. Planowana jest elektrownia składająca się z zestawu 6 paneli o mocy min. 400W każdy. Łączna moc paneli wynosi 2,4kWp.

Poniższe wskazane parametry urządzeń oraz ich zakres techniczny został zmodyfikowany przez Zamawiającego.

Lp.	Opis wymagań	Parametry wymagane
1	Typ modułu	Monokrystaliczne ogniwa krzemowe
2	Moc modułu	Min. 400 Wp
3	Sprawność modułu	Min. 20,6 %
4	Tolerancja mocy	Wyłącznie dodatnia 0/+5Wp
5	Współczynnik wypełnienia FF	Min. 79 %
6	Współczynnik temp. mocy	Nie gorszy niż -0,36 %/K
7	Gwarancja wydajności	Po 1 roku: min. 97% mocy znamionowej 25 lat: min. 80% mocy znamionowej

8	Wytrzymałość mechaniczna na obciążenie od śniegu / Wytrzymałość mechaniczna na parcie i ssanie wiatr	Min. 5400 Pa / 2400 Pa
9	Szerokość modułu	Max. 1150 mm
10	Wysokość modułu	Max. 1720 mm
11	Gwarancja jakości producenta	Min. 12 lat
12	Certyfikaty	IEC 61215, IEC 61730, IEC 61701, IEC 62716

Zamawiający dopuszcza zastosowanie modułów o innych wymiarach niż wskazane w specyfikacji pod warunkiem zagwarantowania ich montażu na wskazanych lokalizacjach. W powyższym przypadku zaleca się przeprowadzenie wizji lokalnych. Podane wymiary przez Zamawiającego wynikają z przeprowadzonych wcześniej wizji lokalnych na budynkach objętych projektem.

2.2 Inwerter fotowoltaiczny

Należy zastosować falowniki PV wg opisu w poniższej tabeli. Dopuszcza się jako zamienniki falowniki o nie gorszych parametrach. Falowniki muszą mieć możliwość wzajemnej komunikacji i diagnostyki poprzez system nadzorujący. Falowniki muszą umożliwiać podłączenie magazynów energii.

Tabela 1. Minimalne parametry falownika PV

Inwertery muszą posiadać możliwość do przewymiarowania strony DC na poziomie 150%. Sprawność urządzeń w zakresie ładowania i rozładowywania musi wynosić >97%. Inwerter musi być wyposażony w funkcję Vpp/FFR. Wymagana jest zdalna aktualizacja oprogramowania i kontrola trybów pracy. Urządzenia muszą posiadać Normę UE certyfikowaną przez TÜV Rheinland.	
MODEL	Inwerter do 3 kW
WEJŚCIE DC	
Rekomendowana maks. Moc wejściowa PV [Wp]	4500
Maks. Napięcie wejściowe [V]	600
Zakres napięcia roboczego [V]	120 ~ 550
Rated PV Input Voltage [V]	360
Napięcie startowe [V]	150
Liczba MMPT	2
Liczba stringów	1
Maks. Prąd wejściowy [A]	13.5/13.5
Maks. Prąd zwarciovowy [A]	17/17
Wyłącznik DC	Zintegrowany

Wejście/ Wyjście AC (po stronie sieci)	
Moc znamionowa [W]	3000
Prąd znamionowy AC [A]	13
Dane wejściowe akumulatora	
Typ baterii	Litowo- jonowa
Zakres napięcia baterii [V]	80 ~ 450
Maks. Prąd ładowania/ rozładowywania [A]	25
Maks. Pmoc ładowania/ rozładowywania [A]	4500/3000
Komunikacja	CAN
Dane EPS (zasilanie awaryjne)	
Moc znamionowa EPS [W]	3000
Napięcie znamionowe EPS [V]	220/230
Częstotliwość znamionowa EPS [Hz]	50/60
Prąd znamionowy EPS [A]	13
THDi	<2%
Czas przełączania EPS	<0.5
Szczytowa moc wyjściowa/ czas trwania [VA,s]	3600,600
Wydajność	
Maks. Sprawność	97,42%
Sprawność europejska	97,15%
Ładowanie/ rozładowywanie baterii	97,15%
Ochrona	
Monitorowanie izolacji DC	Zintegrowany
Zabezpieczenie przed odwróconą polaryzacją	Zintegrowany
Ochrona przed pracą w wyspie	Zintegrowany
Monitorowanie prądu upływu	Zintegrowany
Ochrona przed przegrzaniem	Zintegrowany
Ochrona nadprądowa AC	Zintegrowany
Ochrona zwarciova AC	Zintegrowany
Ochrona przed przepięciem AC	Zintegrowany
Ochrona przeciwprzepięciowa DC	Zintegrowany (Type III)
Ochrona przeciwprzepięciowa AC	Zintegrowany (Type III)
Dane ogólne	
Wyświetlacz	LED + OLED
Komunikacja	(RS485 / USB / Wifi / 4G) (opcjonalnie)
Zakres temperatury otoczenia [°C]	-30 ~ +60
Dopuszczalny zakres wilgotności względnej	0 ~ 100%
Chłodzenie	Natural
Stopień ochrony	IP65
Gwarancja [w latach]	5 / 7 / 10
Certyfikaty i normy	
Normy dotyczące sieci energetycznej	AS 4777, EN 50549, IEC 61727, CEI 0-21, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683

Normy bezpieczeństwa	IEC 62109-1, IEC 62109-2, IEC 62040, EN 61000-6-2, EN 61000-6-3
EMC	EN 61000-4-16, EN 61000-4-18, EN 61000-4-29

Wszystkie falowniki zastosowane dla instalacji fotowoltaicznych powinny pochodzić od jednego producenta, posiadać menu w języku polskim, posiadać dostęp do aplikacji umożliwiającej podgląd pracy systemu. Zapis danych wstecznych związanych z produkcją minimum 5 lat.

2.3 Charakterystyka instalacji elektrycznej

Instalacja elektryczna, zawierająca okablowanie i osprzęt elektryczny zapewniający bezpieczeństwo obsługi systemu będzie podzielona na dwie główne sekcje. Sekcja prądu stałego i sekcja prądu przemiennego, odgraniczone inwerterem.

Sekcja prądu stałego będzie budowana w oparciu o kable dedykowane do instalacji fotowoltaicznych, odporne na działanie warunków atmosferycznych i promieniowania UV oraz rozdzielnice z zabezpieczeniami, ogranicznikami przepięć prądu stałego.

Sekcja prądu przemiennego budowana będzie, zgodnie z obowiązującymi przepisami i zasadami wiedzy technicznej. W skład sekcji wejdą kable energetyczne układane na powietrzu w korytach elektroinstalacyjnych oraz rozdzielnice w II klasie ochronności IP65 z zabezpieczeniami nadmiarowo-prądowymi, ogranicznikami przepięć prądu przemiennego (AC).

Moduły należy łączyć szeregowo w łańcuchy za pomocą przewodów. Nadmiary przewodów należy mocować do konstrukcji aluminiowej za pomocą opasek odpornych na promieniowanie UV oraz szkodliwe czynniki atmosferyczne. W miejscach, gdzie przewody są narażone na promieniowanie słoneczne należy zastosować stosowne osłony. Poszczególne łańcuchy modułów należy łączyć z inwerterem poprzez rozdzielnice przewodami solarnymi o przekroju min. 6 mm². W rozdzielniach należy zainstalować bezpieczniki rozłącznikowe oraz ochronniki przepięciowe. Dopuszcza się również inne formy zabezpieczeń spełniające swoje zastosowanie.

2.4 Okablowanie DC inwerterów

Okablowanie pomiędzy modułami fotowoltaicznymi, a inwerterem wykonane zostanie przewodem solarnym zewnętrznym odpornym na promieniowanie UV o przekroju min. 6 mm². Okablowanie DC będzie podwieszone na konstrukcji wsporczej modułów fotowoltaicznych, biegnącą pod każdym z modułów. Okablowanie DC inwertera podzielone

powinno być na pasma zgodnie z zaleceniami producenta inwerterów. Wymaga się, aby instalacja DC wyposażona była w ogranicznik przepięć. Ostateczny przekrój kabla musi zostać ustalony z Inspektorem Nadzoru przed rozpoczęciem montażu instalacji PV.

2.5 Okablowanie AC inwerterów

Do budowy instalacji elektrycznej po stronie AC stosuje się następujące materiały podstawowe:

- kable elektroenergetyczne typu YKY z izolacją na 1000 V
- przewody jednożyłowe miedziane typu DY, LgY z izolacją na 750 V

Okablowanie zmiennoprądowe (AC) zasilające inwerter zakłada się, że zostanie wykonane kablami minimum YDYżo 3x4mm². Przekrój żył powinien być dobrany w zależności od dopuszczalnego spadku napięcia, dopuszczalnej temperatury nagrzania kabla przez prądy robocze i zwarciove oraz skuteczności ochrony przeciwporażeniowej w przypadku samoczynnego wyłączenia zasilania. Należy dobrać okablowanie, tak aby spadek napięcia na kablach nie przekraczał 1%. Rozprowadzane przewody należy zabezpieczać przy pomocy rur ochronnych elektroinstalacyjnych. Ostateczny przekrój kabla musi zostać ustalony z Inspektorem Nadzoru przed rozpoczęciem montażu instalacji PV, przez Projektanta lub Projektanta Wykonawcy, zależnie od formy postępowania przetargowego.

2.6 Instalacja uziemiająca

Wykonać odrębny uziom szpilkowy dedykowany dla uziemienia instalacji PV. Nową instalację należy wyposażyć w zacisk kontrolny (w typowej puszcze) do wykonania pomiarów oraz szynę połączeń wyrównawczych. Rezystancja uziomu powinna wynosić $R < 10\Omega$. Ochronę urządzeń elektrycznych i elektronicznych przed skutkami przepięć spowodowanych wyładowaniami atmosferycznymi i przepięciami łączeniowymi zaprojektowano jako dwustopniową w oparciu o ograniczniki przepięć oraz skutecznie uziemione połączenia wyrównawcze. Połączenie wyrównawcze należy wykonać przewodem LgY16 (dla budynku z odgromem) lub minimum LgY6 (dla budynku bez odgromu) i połączyć z uziomem. Potwierdzone musi zostać to odpowiednimi wyliczeniami. Uziemieniu ochronnemu podlegają metalowe części, normalnie nieprzewodzące prądu, lecz mogące stanowić niebezpieczeństwo porażenia w razie pojawienia się na tych elementach napięcia.

W szczególności należy uziemić:

- ramy modułów fotowoltaicznych poprzez konstrukcje wsporcze;

- konstrukcję rozdzielnic i szaf;
- obudowę inwertera;

Szczegółowe warunki wykonania uziemienia musi opracować projektant instalacji indywidualnie do każdego obiektu. Opracowania te muszą zostać uzgodnione i zaakceptowane przez Zamawiającego oraz Nadzór Inwestorki.

2.7 Ochrona przeciwporażeniowa

Ochrona przeciwporażeniowa NN realizowana jest na podstawie wymagania normy PN-HD 60364-4-41: 2017-09 (lub równoważną) należy zastosować następujące środki ochrony:

- Ochrona podstawowa – izolacje przewodów, obudowy ochronne urządzeń i aparatów elektrycznych chroniące przed dotykiem bezpośrednim.

Zgodnie z normą PN-HD 60364-7-712: 2016-05 (lub równoważną) należy zastosować następujące środki ochrony:

- Ochrona podstawowa – obudowy w II klasie ochrony dla rozdzielnic DC i AC
- Ochrona dodatkowa – szybkie wyłączenie w sieci TN-S za pomocą wyłączników nadprądowych po stronie AC

Jeśli beneficjent ma zabudowane zabezpieczenie różnicowo-prądowe w głównej tablicy rozdzielczej domu, to należy wykorzystać istniejące zabezpieczenie i włączyć obwód dedykowany dla zasilania inwertera pod istniejące zabezpieczenie różnicowo-prądowe beneficjenta.

Projektowana instalacja elektryczna musi być zgodna z przepisami budowlanymi w zakresie ochrony przeciwporażeniowej oraz wymogami normy PN-HD-60364 „Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych” lub równoważna. W ramach systemu ochrony od porażeń prądem elektrycznym należy zastosować samoczynne szybkie wyłączenie zasilania w układzie TNS. Zapewni to zgodne z normą wyłączenie zasilania.

2.8 Ochrona przeciwprzepięciowa

Inwerter oraz instalację ogniw fotowoltaicznych chronić poprzez zastosowanie ograniczników przepięciowych dedykowanych do instalacji PV na napięcie do 1000VDC montowanych w rozdzielnicy DC. Ograniczniki przepięć zapewnią ochronę systemu fotowoltaicznego PV przed przepięciami: łączeniowymi lub pochodzącymi od wyładowań atmosferycznych pośrednich i bezpośrednich. W przypadku montażu instalacji PV na obiekcie nie posiadającej instalacji odgromowej nie ma konieczności jej wykonywania. W przypadku istnienia instalacji odgromowej na budynku, należy zastosować ograniczniki

przebiegiowe strona AC i DC typu SPD T1+T2 oraz uziemienia z linki LgY 16mm² prace wykonać zgodnie z aktualną normą odgromową PE-EN 62305.

2.9 Ochrona przeciwpożarowa

W projektowanej instalacji nie ma obowiązku stosowania Przeciwpowozarowych Wyłączników Prądu, ochrona ppoz. w tym przypadku będzie realizowana poprzez:

- odpowiednie ułożenie kabli i przewodów, które jest podstawą w niwelowaniu zagrożenia pożarem
- stosowanie szybko złączek tego samego typu i producenta
- wykonywanie pomiarów rezystencji izolacji pop stronie DC a także AC
- rozłącznik prądu stałego przy falowniku
- oznakowanie instalacji PV

Zabezpieczeniem ppoz. instalacji PV jest również to, że wyłączenie strony zmiennoprądowej (AC) spowoduje wyłączenie falownika, dodatkowym zabezpieczeniem są diody bocznikujące, które w trakcie ewentualnego pożaru odetną prąd stały w panelu PV.

3.1 Bilans mocy instalacji fotowoltaicznej

Inwerter AC/DC

Moc pojedynczego modułu: min. 400 W

Ilość inwerterów– 1 szt.

Ilość paneli: 6 szt.

Moc zainstalowana po stronie DC: 6 x 400 Wp = 2,4 kWp

3.2 Potrzeby własne

Zużycie energii na potrzeby własne inwertera ~ 7 kWh/rok na jeden inwerter.

3.3 Obliczenia instalacji

Obliczenia techniczne dotyczą sprawdzenia doboru przewodów, kabli i zabezpieczeń.

Przeprowadzono następujące obliczenia:

- prąd obliczeniowy szczytowy obwodu
- sprawdzenie obciążalności kabli i dobór zabezpieczeń

- prąd zwarcia 1 -fazowego i sprawdzenie skuteczności ochrony przeciwporażeniowej (samoczynne wyłączenie)
- sprawdzenie dopuszczalnych spadków napięcia Obliczenia potwierdzają prawidłowy dobór kabli

3.4 Wyniki obliczeń

- Prądy szczytowe obwodów nie przekraczają wartości znamionowych zabezpieczeń i obciążalności długotrwałej przewodów. Wielkości zabezpieczeń zapewniają prawidłową ochronę przewodów.
- Przekroje przewodów są większe od minimalnych wymaganych z punktu obciążalności zwarcia.
- Samoczynne wyłączenie zasilania dla rozdzielnic i odbiorników jest spełnione przy dobranych zabezpieczeniach i obliczonej impedancji pętli zwarcia Z_s .

3.5 Prąd obliczeniowy szczytowy obwodu

Prąd znamionowy bezpiecznika DC oznaczono jako I_n .

Prąd zwarcia obwodu przyjmuje się jako I_{sc} .

Dobór bezpieczników PV:

Prąd znamionowy bezpiecznika I_n musi być wyższy lub równy wartości: $I_n \geq (I_{sc}) \times (1,5)$ dla bieguna + i bieguna -.

UWAGI KOŃCOWE

- Całość robót instalacyjno-montażowych wykonać zgodnie z Polskimi Normami
- Całość prac wykonać ze szczególnym uwzględnieniem wymagań BHP
- Stosować materiały dopuszczone do stosowania w budownictwie
- Zmiany należy uzgodnić z autorem opracowania
- Prace w pobliżu i na częściach czynnych urządzeń elektroenergetycznych wykonywać po wyłączeniu zasilania, uziemieniu i dopuszczeniu do pracy pod nadzorem upoważnionych pracowników Wykonawcy.

Ostateczne obliczenia musi dokonać Wykonawca lub Projektant i muszą one zostać zaakceptowane przez Zamawiającego i Nadzór Inwestorski

4. Opis konstrukcji wsporczej i przykładowych rozwiązań montażowych

Planuje się wykorzystanie fabrycznej konstrukcji wsporczej przeznaczonej do mocowania modułów fotowoltaicznych na dachu budynku / elewacji budynku / do montażu naziemnego.

Panele fotowoltaiczne będą umieszczone równolegle z poszyciem dachu obiektu. Konstrukcję stanowić będą aluminiowe szyny zamocowane do dachu budynku / elewacji budynku / konstrukcji naziemnej. Szyny należy ułożyć i zamontować dokładnie z wytycznymi producenta oraz z instrukcją montażową dostarczoną do danego zestawu fotowoltaicznego. W przypadku zastosowania elementów dodatkowych, nie dostarczonych przez producenta w celu zamontowania modułów należy przedstawić atest i świadectwo zgodności z obowiązującymi normami wydane przez odpowiednią jednostkę lub osobę posiadającą odpowiednie uprawnienia.

Konstrukcja powinna być wykonana w pełnym przekroju z materiałów niekoordynujących np. aluminium lub materiału zabezpieczonego przed korozją. Konstrukcje te nie będą wymagały w celu zabezpieczenia przed korozją nanoszenia i nakładania dodatkowych warstw ochronnych.

W przypadku montażu na ziemi montaż ten będzie odbywał się na konstrukcjach systemowych producenta, a konstrukcja ta nie będzie na stałe związana z gruntem (brak fundamentu).

Wykonawca będzie zobowiązany do zastosowania odpowiedniej konstrukcji (systemu montażowego) do danego obiektu zgodnie z protokołem uzgodnień wykonywanym podczas wizyty na danej lokalizacji.

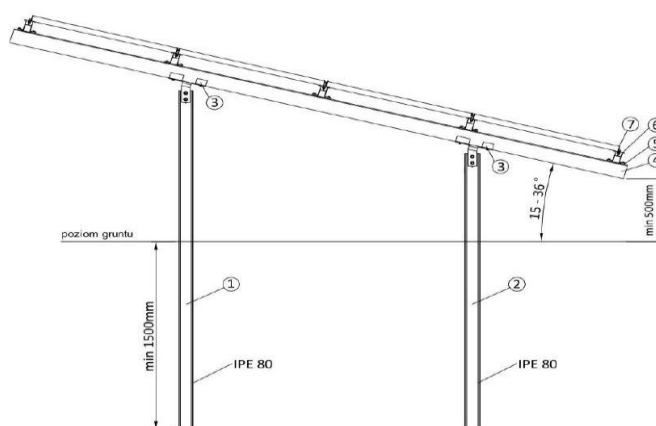
Konstrukcję należy podłączyć z istniejącą instalacją odgromową oraz sprawdzić wartość uziomu wymagany $< 10 \Omega$.

Wszystkie elementy planowanej fabrycznej konstrukcji wsporczej są wykonane z aluminium z wyłączeniem śrub oraz nakrętek wykonanych ze stali nierdzewnej. Aluminium nie jest materiałem podatnym na korozję.

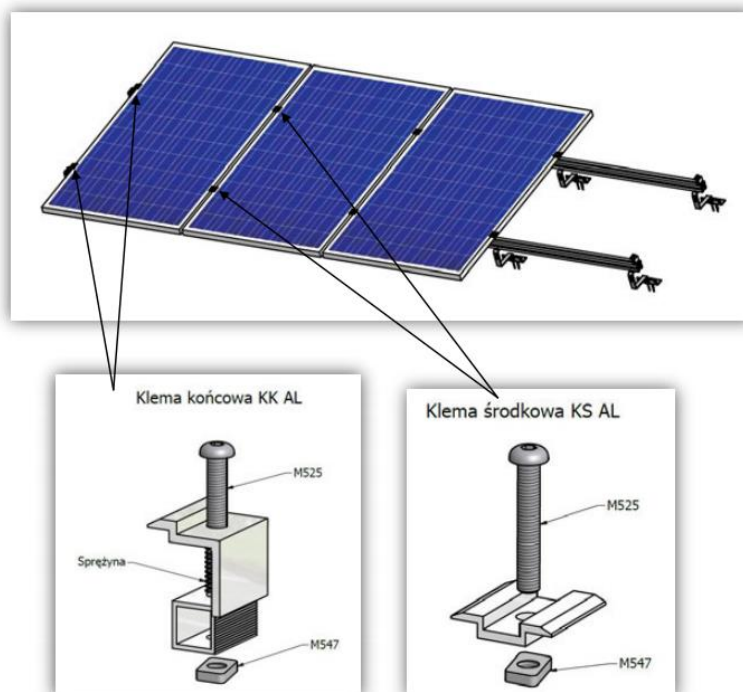
Mocowanie konstrukcji należy wykonać za pomocą odpowiednich śrub – dedykowanych do odpowiedniego poszycia dachowego lub danego rodzaju elewacji. Waga konstrukcji dla 4 paneli to około 25kg w zależności od producenta.

Dane techniczne:

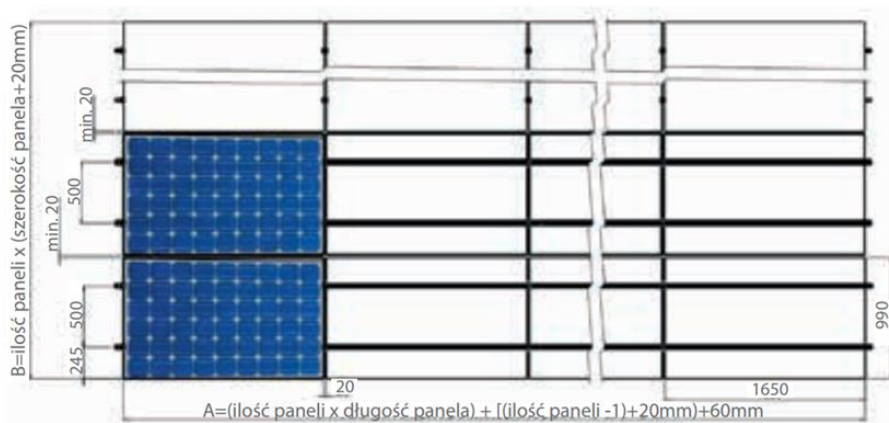
wytrzymałość konstrukcji:	obliczana wg lokalizacji Inwestycji
obciążenia śniegiem:	minimum 3000 Pa – zalecana 5400 Pa
obciążenia wiatrem:	minimum 3000 Pa – zalecana 3800 Pa
specyfikacja materiałów:	Aluminium EN6060 lub inne o podobnych parametrach
śruby/nakrętki:	Stal nierdzewna A2



Rys. 1 – Przykładowy sposób wykonania i montażu na konstrukcjach naziemnych



Rys. 2 – Przykładowy sposób wykonania i montażu na konstrukcjach dachowych



Rys. 3 – Ideowy schemat konstrukcji wsporczej

Ostateczny dobór i zastosowanie odpowiednich rozwiązań leżą po stronie Projektanta/Wykonawcy po wcześniejszej akceptacji Zamawiającego i Nadzoru Inwestorskiego.

5. Procedura odbiorowa instalacji

Odbiór końcowy od wykonawcy przeprowadza przedstawiciel zamawiającego (inwestora). Może on w tym celu powołać komisję odbiorczą. Zakończenie i wyniki wymienionych prac powinny zostać udokumentowane. W celu odbioru instalacji fotowoltaicznej, wykonawca powinien dokonać pomiarów instalacji fotowoltaicznej. Protokoły pomiarowe z wykonanych pomiarów należy przygotować i dostarczyć dla Inwestora łącznie z dokumentacją powykonawczą.

6. Informacje związane z bezpieczeństwem i ochroną zdrowia**6.1 Zakres robót**

Zakres planowanych prac:

- montaż konstrukcji wsporczych,
- montaż paneli fotowoltaicznych na konstrukcji,
- montaż inwertera DC/AC
- montaż projektowanych instalacji elektrycznych NN - 0,4kV,

Kolejność prowadzenia prac:

- przygotowanie miejsca pracy,
- ułożenie kabla,
- montaż konstrukcji wsporczych i systemów montażowych
- montaż paneli PV
- montaż Inwertera i zabezpieczeń
- podłączenia.

6.2 Istniejące obiekty budowlane

- Istniejący budynek,
- Istniejące linie kablowe,
- Istniejące instalację elektryczne,
- Drogi publiczne.

6.3 Elementy zagospodarowania terenu mogące stwarzać zagrożenie bezpieczeństwa i zdrowia

- Istniejące linie elektroenergetyczne,
- Sieć telekomunikacyjna,

-
- Drogi publiczne

6.4 Przewidywane zagrożenie występujące podczas realizacji robót budowlanych

- Ryzyko upadku z wysokości ponad 2m podczas prac montażowych przy budowie instalacji elektrycznych,
- Ryzyko porażenia prądem elektrycznym podczas montażu projektowanych instalacji elektrycznych,
- Ryzyko porażenia prądem elektrycznym przy podłączaniu istniejących kabli i przewodów,
- Ryzyko pożaru.

6.5 Sposób prowadzenia instrukcji pracowników przed przystąpieniem do realizacji robót szczególnie niebezpiecznych

- Bezpośrednio przed przystąpieniem do prac należy zapoznać pracowników z zagrożeniami jakie można napotkać w czasie wykonywanej pracy, oraz udzielić instruktażu z zakresu prowadzonych robót.

6.6 Środki techniczne i organizacyjne zapobiegające niebezpieczeństwom wynikającym z wykonywania robót budowlanych

- Wymaga się organizowanie stanowiska pracy zgodnie z przepisami i zasadami bezpieczeństwa i higieny pracy,
- Należy zapewnić pracownikom odzież ochronną i sprzęt ochrony osobistej oraz dopilnować, aby te środki były stosowane zgodnie z przeznaczeniem,
- Zaleca się wykonywanie prac przy urządzeniach elektrycznych wyłączonych spod napięcia oraz zastosować odpowiednie zabezpieczenie przed przypadkowym załączeniem napięcia.
- Apteczka pierwszej pomocy.
- Telefon komórkowy na placu budowy umożliwiający wezwanie pomocy.

6.7 Wpływ na środowisko

Inwestycja nie wpływa negatywnie na otaczające środowisko naturalne

7. Bezpieczeństwo eksploatacji – opracowanie ogólne

!!! Podczas montażu rozdzielnic DC i AC oraz podczas dokonywania podłączeń w rozdzielni należy bezwzględnie wyłączyć instalację w

obieckie oraz obowiązuje całkowity zakaz używania urządzeń domowych!!!

Niniejsza dokumentacja powinna być przeczytana z uwagą i zrozumieniem zanim podjęte zostaną jakiejkolwiek czynności serwisowe czy eksploatacyjne. Dokumentacja zawiera podstawowe informacje dotyczące mechanicznej i elektrycznej części instalacji modułów i ich połączeń z inwerterami, z którą użytkownik czy serwis powinien się zapoznać.

Prace przy serwisowaniu instalacji elektrowni fotowoltaicznej powinny być przeprowadzane przez specjalistów, którzy posiadają wymagane świadectwa kwalifikacyjne.

Bezwzględnie wymaga się przestrzegania przepisów BHP.

Zastosowane znaki ostrzeżeń

Ostrzeżenia informują o warunkach, które mogą spowodować poważne obrażenia lub śmierć i/lub uszkodzenie urządzeń oraz podają sposób na uniknięcie niebezpieczeństwa.

Dla wyróżnienia ostrzeżeń w tekście dokumentacji stosowane są następujące symbole:



Ostrzeżenie elektryczne: ostrzega o niebezpieczeństwach pochodzących ze strony obwodów elektrycznych, które mogą spowodować zagrożenia dla życia lub zdrowia personelu i/lub uszkodzenie urządzeń.



Ostrzeżenie ogólne: ostrzega o sytuacjach, w których mogą mieć miejsce zagrożenia dla życia lub zdrowia personelu i/lub uszkodzenia urządzeń spowodowane przez przyczyny inne niż elektryczne.

Ogólne zasady bezpieczeństwa

Na terenie UE do prac z modułami fotowoltaicznymi mają zastosowanie następujące regulacje:

Krajowe przepisy BHP oraz poniższe przepisy i normy bezpieczeństwa.

- DIN 18451
- DIN 18338
- DIN 1055
- VDE 0100 prace do 1000V
- VDE 0190
- VDE 0185
- DIN 18015 E
- DIN 18382

Przed przystąpieniem do czynności serwisowych



OSTRZEŻENIE! Przystąpienie do prac należy bezwzględnie poprzedzić wymienionymi poniżej środkami ostrożności oraz przepisami BHP

Zapoznać się z poszczególnymi instrukcjami bezpieczeństwa dotyczącymi danego miejsca pracy oraz urządzeń.

Odłączyć wszystkie źródła zasilania. Zablokować rozłączniki w pozycji otwartej i umieścić ostrzeżenie na rozłącznikach. Po odłączeniu inwerterów zawsze należy odczekać 5 minut, aby umożliwić rozładowanie kondensatorów w obwodzie pośrednim.

Przedsięwziąć środki ostrożności, gdy znajdują się odsłonięte (nieizolowane) przewody.

Sprawdzić czy instalacja nie jest pod napięciem. Należy pamiętać, że panele fotowoltaiczne (szczególnie ich zestawy połączone szeregowo) generują napięcie (do 1000 VDC) automatycznie po ich nasłonecznieniu.

Wykonać tymczasowe uziemienie.

Środki ostrożności



Moduły słoneczne mogą być montowane/demontowane tylko przez wykwalifikowane firmy specjalistyczne znające i przestrzegające normy i przepisy odnoszące się do instalacji fotowoltaicznych, takich jak przepisy VDE, normy DIN, dyrektywa VDEW, przepisów z zakresu BHP oraz osoby posiadające odpowiednie świadectwa kwalifikacyjne.

W szczególności zwraca się uwagę na następujące punkty:

- Przed zdemontowaniem modułów należy sprawdzić czy kable i złączki nie są uszkodzone bądź zabrudzone.
- Nie instalować uszkodzonych modułów fotowoltaicznych ani modułów z zabrudzonymi złączkami.
- Moduły słoneczne, a w szczególności złączki i narzędzia, muszą być suche w momencie prac serwisowych lub konserwacyjnych.
- Należy się upewnić, że wszystkie połączenia elektryczne są dobrze zamknięte.

Ważna wskazówka!

Ruchome kable przyłączeniowe, w wyniku ocierania o konstrukcję, mogą spowodować uszkodzenia izolacji.

Nie wolno otwierać puszek przyłączeniowej z kablami podłączonymi fabrycznie.

Puszki przyłączeniowej, kabli i wtyczek przyłączeniowych nie można czyścić ani smarować substancjami zawierającymi olej, tłuszcz lub alkohol.

Nie można zdejmować złącz solarnych zamocowanych fabrycznie.

Modułów fotowoltaicznych nie wolno przytrzymywać ani transportować przy pomocy kabli przyłączeniowych.

Modułów fotowoltaicznych nigdy nie wolno zostawiać swobodnie leżących lub bez zabezpieczenia.

Niebezpieczeństwo utraty życia



OSTRZEŻENIE! Zagrożenie życia przez obecność napięcie w falowniku oraz instalacji po stronie DC. Generator fotowoltaiczny generuje pod wpływem światła słonecznego niebezpieczne napięcie stałe, które występuje na przewodach DC lub innych elementach falownika będących pod napięciem. Dotknięcie przewodów DC lub elementów znajdujących się pod napięciem może spowodować niebezpieczne porażenie prądem elektrycznym.

Moduły fotowoltaiczne

Podczas prac z generatorami słonecznymi, należy bezwzględnie przestrzegać przepisów z zakresu bezpieczeństwa i higieny pracy.

Moduł fotowoltaiczny należy traktować jak produkt szklany i pod żadnym pozorem - w pojemniku transportowym ani w stanie zamontowanym - nie można go obciążać mechanicznie (stawiać skrzynek z narzędziami, stawiać na nich itp.) ponieważ może to spowodować widoczne i niewidoczne uszkodzenia (np. mikropęknięcia w ogniach i przedwczesny spadek mocy).

Praca z oświetlonymi modułami jest działaniem w warunkach obecności napięcia.

Przed przystąpieniem do prac serwisowych należy sprawdzić, czy moduł fotowoltaiczny nie ma uszkodzeń mechanicznych. Nie wolno montować uszkodzonych modułów słonecznych (np. modułów z pękniętymi elementami szklanymi, uszkodzeniami tylnej folii izolacyjnej). Uszkodzenie tylnej folii izolacyjnej może mieć poważne skutki (rozwarstwienie, zagrożenie życia i zdrowia).



OSTRZEŻENIE!

Napięcie bezpieczne 24 V może być w każdej chwili przekroczone!!! Moduły zostały sklasyfikowane do klasy zastosowania A: napięcie niebezpieczne (IEC 61730: 50 V, EN 61730: większe niż 120 V)

W momencie wyeksponowania modułu na światło na złączach modułu natychmiast pojawia się napięcie jałowe (ok. 37,9V) a w przypadku szeregowego połączenia kilku modułów napięcie te wzrośnie do wartości sumy napięć jałowych połączonych modułów. Wartość napięcia jałowego jest podana w karcie katalogowej produktu.

W zwykłych warunkach moduł fotowoltaiczny może wygenerować wyższy prąd i/lub wyższe napięcie niż podano w znormalizowanych warunkach kontroli (warunki STC – 25°C, 1000W/m²). W celu określenia wartości pomiarowych napięcia podzespołów, kabli, wielkości bezpieczników i pomiaru sterowników podłączanych do wyjścia modułów fotowoltaicznych należy wartość I_{sc} i U_{oc} podaną w karcie katalogowej modułów pomnożyć przez współczynnik bezpieczeństwa 1,25.

Montaż/demontaż modułów słonecznych wymaga zaawansowanej wiedzy specjalistycznej i doświadczenia, dlatego mogą je wykonywać tylko specjaliści elektrycy, którzy posiadają wymagane świadectwa kwalifikacyjne.



WAŻNE ZALECENIA PRAKTYCZNE

Zachowaj szczególną ostrożność

Aby uniknąć niebezpieczeństwa porażeń elektrycznych, wszystkie ramy modułów słonecznych, obudowa inwertera oraz konstrukcja nośna są połączone z uziemieniem w celu wyrównywania potencjałów.

Przy rozłączaniu pasm, paruj bieguny, oznacz je, zaizoluj konektory, tak aby nie wywołać łuku elektrycznego, który przy napięciu ponad 600V jest wysoce prawdopodobny.

Unikaj prac łączeniowych w pełnym słońcu. Jeśli to możliwe, zrób to rano lub wieczorem.

Nigdy nie łącz ze sobą ostatnich dwóch konektorów tego samego pasma. W najlepszym wypadku uszkodzisz moduły, a istnieje wysokie ryzyko pożaru całej instalacji!

Nigdy nie wyciągaj ani nie podłączaj konektorów w czasie pracy inwertera!

!!! Należy bezwzględnie wyłączyć instalację fotowoltaiczną, w przypadku, kiedy w obiekcie zajdzie konieczności załączenia agregatu prądotwórczego!!!

Konserwacja

**OSTRZEŻENIE!**

Prace związane z konserwacją, czyszczeniem modułów fotowoltaicznych należy wykonać przy zachowaniu pełnej ostrożności!!

Nie należy dotykać części przewodzących prąd elektryczny!!

Napięcie w obwodzie prądu stałego może sięgać do 1000V !!

Gdy wierzchnia warstwa modułów zostanie zabrudzona, produkcja energii elektrycznej zmniejszy się. W celu utrzymania optymalnych warunków produkcyjnych modułów fotowoltaicznych producent zaleca:

- Czyszczenie powierzchni modułów przy użyciu zmiękczonej wody, miękkiej szmatki lub gąbki – przynajmniej dwa razy rocznie (szczególnie po okresach pylenia roślin);
- Użycie myjek wysokociśnieniowych może spowodować utratę gwarancji;
- Powinno się unikać czyszczenia modułów w słoneczne dni – kiedy ich temperatura przekracza 60°C;
- Sprawdzenie wszystkich połączeń mechanicznych oraz elektrycznych – przynajmniej raz na rok.

8. Uwagi końcowe

Kable zasilające LSZH 6 mm 2 od strony układu DC wprowadzone do budynku, w których napięcie może dochodzić do 1000V, należy układać bezpośrednio pod tynkiem o grubości minimum 5mm lub prowadzić natynkowo w instalacyjnych rurkach karbowanych RKGŚ lub instalacyjnych listwach ściennych. Z uwagi na zapewnienie bezpieczeństwa osób przebywających w budynku, nie dopuszcza się prowadzenia okablowania po stronie DC w budynku w sposób natynkowy bez zastosowania rurek ochronnych. Całość instalacji wykonać z należytą starannością i zgodnie ze sztuką. Całość prac wykonać zgodnie z rysunkami instalacyjnymi elektryki.

9. Literatura

- PN-HD 60364-7-712:2007 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Część 7-712: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji. Fotowoltaiczne (PV) układy zasilania.
- PN-EN 60529:2003 Stopnie ochrony zapewnianej przez obudowy (Kod IP).
- PN-EN 60445:2010 Zasady podstawowe i bezpieczeństwa przy współdziałaniu człowieka z maszyną, znakowanie i identyfikacja. Identyfikacja zacisków urządzeń i zakończeń przewodów.

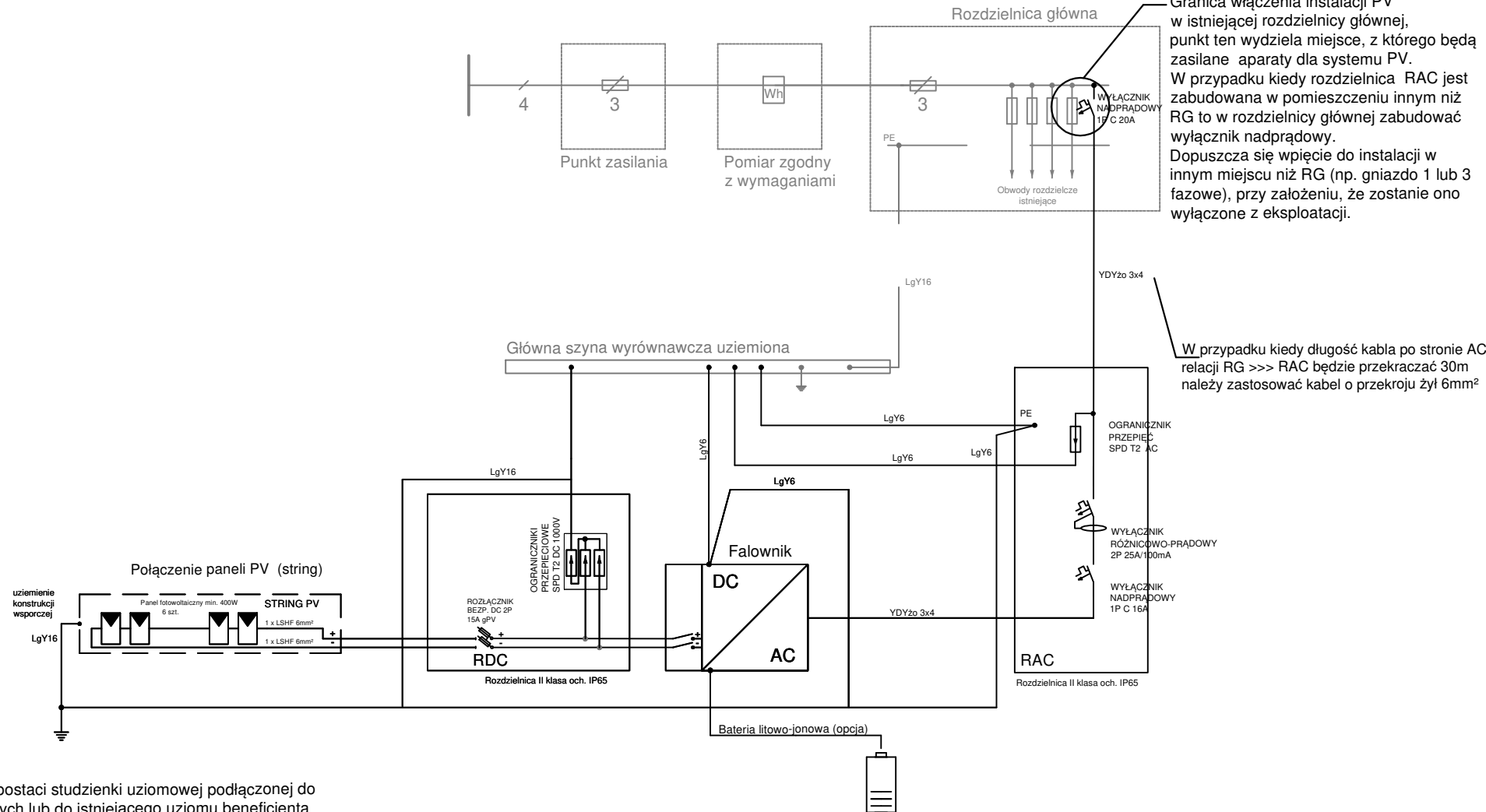
- PN-EN 60446:2010 Zasady podstawowe i bezpieczeństwa przy współdziałaniu człowieka z maszyną, znakowanie i identyfikacja. Identyfikacja przewodów kolorami albo znakami alfanumerycznymi.
- PN-EN 60439-4:2008 Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe. Część 4: Wymagania dotyczące zestawów przeznaczonych do instalowania na terenach budów (ACS)
- PN-EN 50274:2004 Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe. Ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym. Ochrona przed niezamierzonym dotykiem bezpośrednim części niebezpiecznych czynnych
- PN-EN 62208:2006 Puste obudowy rozdzielnic i sterownic niskonapięciowych. Wymagania ogólne.
- PN-E-05163:2002 Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe osłonięte. Wytyczne badania w warunkach wyładowania łukowego, powstałego w wyniku zwarcia wewnętrznego.
- PN-E-04700:1998/Az1:2000 Urządzenia i układy elektryczne w obiektach elektroenergetycznych. Wytyczne przeprowadzania po montażowych badań odbiorczych.
- PN-HD 60364-6:2008 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 6: Sprawdzanie.
- PN-HD 60364-4-41:2009 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 4-41: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed porażeniem elektrycznym.
- PN-IEC 60364-4-43:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed prądem przetężeniowym.
- PN-IEC 60364-4-46:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Odłączanie izolacyjne i łączenie.
- PN-IEC 60364-4-443 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed przepięciami atmosferycznymi lub łączeniowymi.
- PN-IEC 60364-5-51:2000 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Postanowienia ogólne.
- PN-IEC 60364-5-52:2002 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych -- Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego -- Oprzewodowanie
- PN-IEC 60364-5-53:2000 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Aparatura rozdzielcza i sterownicza.
- PN-IEC 60364-5-534:2003 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Urządzenia do ochrony przed przepięciami.
- PN-IEC 60364-5-537:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Aparatura rozdzielcza i sterownicza. Urządzenia do odłączania izolacyjnego i łączenia.

- PN-HD 60364-5-54:2010 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 5-54: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Uziemienia, przewody ochronne i przewody połączeń ochronnych.

10. Rozporządzenia i ustawy

- Ustawa z dnia 07 lipca 1994 r. Prawo budowlane (Dz. U. z 2020 r., poz. 1333).
- Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o wyrobach budowlanych (Dz. U. z 2020 r., poz. 215)
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 17 listopada 2016 r. w sprawie sposobów deklarowania właściwości użytkowych wyrobów budowlanych oraz sposobu znakowania ich znakiem budowlanym (Dz. U. z 2016 r. poz. 1966) z późniejszymi zmianami
- Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r.– Prawo energetyczne. (Dz. U. z 2020 r. poz.833) z późniejszymi zmianami.
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 4 maja 2007 r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego (Dz. U. Nr 93 poz. 623) z późniejszymi zmianami.
- Rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz. U. 2018 r. poz. 1935)
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 06 lutego 2003r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania robót budowlanych (Dz. U. Nr 47 poz. 401).
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. 2019 r. poz. 1065).

Rodzaj przyłącza:
Miejsce montażu licznika:



Uziemienie w postaci studzienki uziomowej podłączonej do sond uziomowych lub do istniejącego uziomu beneficjenta
Rezystencja uziomu powinna wynosić $R < 10 \Omega$

UWAGI

!!! Należy bezwzględnie wyłączyć instalację fotowoltaiczną, w przypadku kiedy w obiekcie zajdzie konieczności załączenia agregatu prądowłórczego !!!

W przypadku istnienia instalacji odgromowej na budynku, należy zastosować ograniczniki przepięciowe strona AC i DC typu SPD T1+T2 oraz uziemienia z linki LgY 16mm² prace wykonać zgodnie z aktualną normą odgromową PE-EN 62305

LEGENDA

- Istniejąca instalacja elektryczna AC
— Projektowana instalacja elektryczna AC

Investor	Miasto Piotrków Trybunalski, Pasaż Karola Rudowskiego 10, 97-300 Piotrków Trybunalski	
Temat	„Montaż Instalacji OZE na terenie Miasta Piotrkowa Trybunalskiego”	
Przedmiot rysunku	Schemat elektryczny instalacji PV - 2,4kW	Nr rys. E.1