



**PROJEKTOWANIE NADZORY WYKONAWSTWO  
W BRANŻY ELEKTRYCZNEJ  
MACIEJ GALANTOWICZ  
62 - 200 GNIEZNO, UL. BRZECZHY 7**

## **PROJEKT TECHNICZNY**

Inwestycja:	<b>Budowa odnawialnego źródła energii - instalacja fotowoltaiczna dla potrzeb budynku głównego Szkoły Podstawowej w Zdziechowie</b>	
Lokalizacja:	Zdziechowa, dz. nr 206/10, 206/11, 206/12, 206/13, gmina Gniezno, powiat gnieźnieński, woj. wielkopolskie	
Inwestor:	Urząd Gminy Gniezno Al. Reymonta 9-11, 62-200 Gniezno	
Egzemplarz:	<b>EGZ. NR 1</b>	
Funkcja	Imię i nazwisko, specjalność, numer uprawnień budowlanych	Podpis
Branża elektryczna		
Opracował:	<b>mgr inż. Daniel Wysocki</b>	
Projektował:	<b>mgr inż. Maciej Galantowicz</b> <b>upr. nr WKP/0304/POOE/04</b> do projektowania bez ograniczeń w specjalności instalacyjnej w zakresie sieci, instalacji i urządzeń elektrycznych i elektroenergetycznych.	
Miejsce i data opracowania:	<b>Gniezno, lipiec 2023r.</b>	

## **SPIS TREŚCI** **DO PROJEKTU TECHNICZNEGO**

1. Strona tytułowa
2. Spis treści do projektu technicznego

### **I. OŚWIADCZENIA, UPRAWNIENIA**

1. Kopia decyzji o nadaniu uprawnień budowlanych projektanta oraz zaświadczenie o przynależności do właściwej izby samorządu zawodowego
2. Oświadczenia projektanta o sporządzeniu projektu zgodnie z obowiązującymi przepisami i zasadami wiedzy technicznej

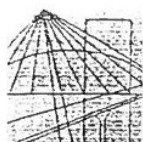
### **II. OPIS TECHNICZNY**

1. Opis techniczny
  - 1.1 Przedmiot opracowania
  - 1.2 Zakres opracowania
  - 1.3 Stan istniejący
  - 1.4 Opis rozwiązań projektowych
  - 1.5 Podstawa opracowania
2. Elementy instalacji fotowoltaicznej
  - 2.1 Moduły fotowoltaiczne
  - 2.2 Falownik fotowoltaiczny
  - 2.3 Okablowanie
  - 2.4 Rozdzielnica AC
  - 2.5 Konstrukcje wsporcze
3. Ochrona odgromowa
4. Ochrona przeciwporażeniowa
5. Ochrona przeciwpożarowa
6. Obliczenia
  - 6.1 Dobór łańcuchów modułów PV do falownik
    - 6.1.1. Obliczenia minimalnego i maksymalnego napięcia łańcuchów modułów PV
    - 6.1.2. Wyznaczanie maksymalnego prądu zwarcia łańcuchów modułów PV
    - 6.1.3. Obliczanie minimalnej i maksymalnej liczby modułów PV w łańcuchu
  - 6.2 Dobór kabli i zabezpieczeń
    - 6.2.1. Dobór kabli po stronie DC
    - 6.2.2. Dobór zabezpieczeń po stronie DC
    - 6.2.3. Dobór kabli po stronie AC

### **III. KARTY KATALOGOWE, CERTYFIKATY, INNE DOKUMENTY**

### **IV. RYSUNKI**

1. RYS. E-1 – Projekt zagospodarowania terenu
2. RYS. E-2 – Schemat instalacji fotowoltaicznej
3. RYS. E-3 – Schemat połączeń paneli fotowoltaicznych
4. RYS. E-4 – Widok konstrukcji montażowej



WIELKOPOLSKA  
OKRĘGOWA  
IZBA  
INŻYNIERÓW  
BUDOWNICTWA

OKRĘGOWA KOMISJA KWALIFIKACYJNA

WOIIB-OKK-EP-7131-186/2004

Poznań, dnia 08 grudnia 2004 r.

## DECYZJA

Na podstawie art. 24 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 15 grudnia 2000 r. o samorządach zawodowych architektów, inżynierów budownictwa oraz urbanistów (Dz.U. z 2001 r. Nr 5 poz. 42, z późn. zm.) i art. 13 ust. 1 pkt 1, art. 14 ust. 1 pkt 5 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (tekst jednolity: Dz. U. z 2003 r. Nr 207 poz. 2016 z późn. zm.) oraz § 9 ust. 1 rozporządzenia Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa z dnia 30 grudnia 1994 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie (Dz. U. z 1995 r. Nr 8 poz. 38, z późn. zm.)

decyzją Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej  
otrzymuje

**Pan**  
**Maciej Galantowicz**

magister inżynier

kierunek: Elektrotechnika

urodzony dnia 22 maja 1975 r. w Trzemesznie

**UPRAWNIENIA BUDOWLANE**  
numer ewidencyjny WKP/0304/POOE/04

do projektowania bez ograniczeń  
w specjalności instalacyjnej w zakresie sieci, instalacji i urządzeń  
elektrycznych i elektroenergetycznych

Szczegółowy zakres uprawnień jest określony na odwołanie niniejszej decyzji

## UZASADNIENIE

Okręgowa Komisja Kwalifikacyjna Wielkopolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa w Poznaniu na podstawie wniosku o nadanie uprawnień budowlanych z dnia 12 sierpnia 2004 r., protokołów z postępowania kwalifikacyjnego oraz z przeprowadzonego egzaminu, uchwałą Nr 19/OKK/04 z dnia 08 grudnia 2004 r. stwierdziła, że Pan Maciej Galantowicz posiada wymagane prawem wykształcenie i praktykę zawodową konieczną do uzyskania uprawnień budowlanych w w/w specjalności i uzyskał pozytywny wynik egzaminu na uprawnienia budowlane.

### Pouczenie

1. Podstawą do wykonywania samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie stanowi wpis do centralnego rejestru Głównego Inspektora Nadzoru Budowlanego oraz na wpis na listę członków właściwej izby samorządu zawodowego.
2. Od niniejszej decyzji służy odwołanie do Krajowej Komisji Kwalifikacyjnej Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa w Warszawie, za pośrednictwem Wielkopolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa w Poznaniu w terminie 14 dni od daty jej doręczenia.



Skład orzekający  
Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej

Przewodniczący - mgr inż. Jan Lemański

Członek Komisji - mgr inż. Marian Karcz

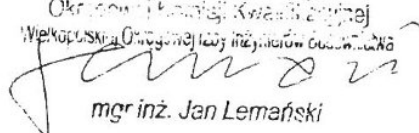
Członek Komisji - dr inż. Daniel Pawlicki

*[Handwritten signatures of the members of the Qualification Commission]*

Na podstawie art.12 ust.1 pkt 1 i 5 ustawy Prawo budowlane Pan Maciej Galantowicz jest upoważniony w specjalności instalacyjnej w zakresie sieci, instalacji i urządzeń elektrycznych i elektroenergetycznych do:

- projektowania, sprawdzania projektów budowlanych w specjalności objętej niniejszymi uprawnieniami i sprawowania nadzoru autorskiego,
- sprawowania kontroli technicznej utrzymania obiektów budowlanych z zastrzeżeniem art. 62 ust.5 ustawy  
**bez ograniczeń.**

Niniejsze uprawnienia, na podstawie § 4 ust. 4 rozporządzenia MGPIB z dnia 30 grudnia 1994 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie, stanowią podstawę do sporządzania projektów zagospodarowania działki i terenu w w/w specjalności, jeśli całość problematyki jest przedstawiona w projekcie zagospodarowania działki lub terenu – zgodnie z art. 34 ust. 3b.

PRZEWODNICZĄCY  
Okręgowa Komisja Kwalifikacyjna  
Wielkopolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa  
  
mgr inż. Jan Lemański

Otrzymują:

1. Pan Maciej Galantowicz  
ul. Orzeszkowej 20a/22  
62-200 Gniezno
2. Okręgowa Rada Izby
3. Główny Inspektor Nadzoru  
Budowlanego
4. a/a



## Zaświadczenie

o numerze weryfikacyjnym:

WKP-6A7-3GL-NM4 \*

Pan Maciej Galantowicz o numerze ewidencyjnym WKP/IE/0111/03  
adres zamieszkania ul. Brzechwy 7, 62-200 Gniezno  
jest członkiem Wielkopolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa i posiada wymagane  
ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.  
Niniejsze zaświadczenie jest ważne od 2023-02-01 do 2024-01-31.

Zaświadczenie zostało wygenerowane elektronicznie i opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym  
weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu w dniu 2022-12-19 roku przez:

Andrzej Kulesa, Przewodniczący Rady Wielkopolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

(Zgodnie z art. 78<sup>1</sup> K.c.)

§ 1. Do zachowania elektronicznej formy czynności prawnej wystarcza złożenie oświadczenia woli w postaci elektronicznej i opatrzenie go kwalifikowanym podpisem elektronicznym.

§ 2. Oświadczenie woli złożone w formie elektronicznej jest równoważne z oświadczeniem woli złożonym w formie pisemnej.)

\* Weryfikację poprawności danych w niniejszym zaświadczeniu można sprawdzić za pomocą numeru weryfikacyjnego zaświadczenia na stronie Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa [www.piib.org.pl](http://www.piib.org.pl) lub kontaktując się z biurem właściwej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.



Gniezno, dnia 31.07.2023r.

### **OŚWIADCZENIE PROJEKTANTA**

Zgodnie z ustawą z dnia 7 lipca 1994r. – Prawo budowlane (tekst jedn. Dz. U. z 2023 poz. 682 z późn. zm.), oświadczam, iż projekt techniczny:

**Budowa odnawialnego źródła energii - instalacja fotowoltaiczna  
dla potrzeb budynku głównego Szkoły Podstawowej w Zdziechowie**  
(inwestycja)

**Urząd Gminy Gniezno  
Al. Reymonta 9-11, 62-200 Gniezno**  
(inwestor)

**Zdziechowa, dz. nr 206/10, 206/11, 206/12, 206/13,  
gmina Gniezno, powiat gnieźnieński, woj. wielkopolskie**  
(lokalizacja)

został sporządzony zgodnie z obowiązującymi przepisami i zasadami wiedzy technicznej.

.....  
(podpis składającego oświadczenie z pieczęcią imienną)

# 1. Opis techniczny

## 1.1 Przedmiot opracowania

Przedmiotem opracowania jest projekt instalacji fotowoltaicznej (PV), służącej do produkcji energii elektrycznej z promieniowania słonecznego na własne potrzeby. Instalacja ta zlokalizowana będzie na jako wolnostojąca – gruntowa na działce nr 206/13 w miejscowości Zdziechowa.

## 1.2 Zakres opracowania

Opracowanie swoim zakresem obejmuje:

- montaż modułów (paneli) fotowoltaicznych o mocy min. 455Wp/szt,
- montaż falownika,
- montaż urządzeń zasilających – sterowniczych instalacji,
- wykonanie instalacji po stronie stałonapięciowej DC systemu fotowoltaicznego,
- wykonanie okablowania strony AC systemu fotowoltaicznego z doprowadzeniem kabli do miejsca przyłączenia do istniejącej sieci,
- wykonanie instalacji uziemienia i połączeń wyrównawczych,
- wykonanie instalacji ochrony od porażeń oraz ochrony przeciwprzepięciowej.

## 1.3 Stan istniejący

Istniejące zasilanie budynku głównego Szkoły Podstawowej w Zdziechowie realizowane jest ze złącza kablowego ZK1 które zasilane jest bezpośrednio ze złącza kablowo – pomiarowego (własność ENEA Operator) usytuowanego w granicy działki. Projektowana instalacja fotowoltaiczna zostanie przyłączona do istniejącego złącza kablowego ZK1.

## 1.4 Opis rozwiązań projektowych

Projektowana instalacja fotowoltaiczna składać się będzie z 54szt. modułów monokrystalicznych o mocy 455W każdy, pracujących w układzie "on-grid". Moc instalacji fotowoltaicznej wynosi łącznie 24,57kW. Projektowana instalacja fotowoltaiczna jest instalacją typu "on-grid" przyłączoną do sieci elektroenergetycznej. Wyprodukowana energia elektryczna prądu stałego zostanie zamieniona na energię prądu przemiennego trójfazowego poprzez inwerter (falownik) DC/AC o napięciu 0,4kV. Energia elektryczna produkowana przez instalację fotowoltaiczną będzie wykorzystywana na potrzeby własne obiektu oraz oddawana do sieci. Sieć ochronną paneli PV wykonać przewodem min. LGy 1x16mm<sup>2</sup>.

## 1.5 Podstawa opracowania

Obowiązujące normy i przepisy branżowe m. in.:

- PH-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 50438:2010P „Wymagania dotyczące równoległego przyłączenie mikrogeneratorów do publicznych sieci rozdzielczych niskiego napięcia”;
- PN-HD 60364 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych;
- PN-IEC 60364-5-523:2001 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych - Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego - Obciążalność prądowa długotrwała przewodów;
- PN-EN 62305-3:2009 Ochrona odgromowa. Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia;
- PN-EN 61173:2002 Ochrona przepięciowa fotowoltaicznych (PV) systemów wytwarzania mocy elektrycznej - Przewodnik;
- Norma N SEP-E-004 Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe. Projektowanie i budowa.

## 2. Elementy instalacji fotowoltaicznej

### 2.1 Moduły fotowoltaiczne

Moduły fotowoltaiczne odpowiadają za produkcję energii elektrycznej bezpośrednio z promieniowania słonecznego, wykorzystując przy tym efekt fotowoltaiczny. W projektowanej instalacji zastosowane zostały moduły wyprodukowane przez firmę LONGI (model LR4-72HIH-455M), które objęte są 25 letnią gwarancją na liniową moc wyjściową.

Tab. 1 Podstawowe parametry modułów fotowoltaicznych.

Parametry elektryczne	
Moc $P_{\max \text{ STC}}$ (W)	455
Napięcie jałowe $V_{\text{oc STC}}$ (V)	49,5
Prąd zwarcia $I_{\text{sc STC}}$ (A)	11,66
Max. napięcie zasilania $V_{\text{mpp STC}}$ (V)	41,7
Max. prąd $I_{\text{mpp STC}}$ (A)	10,92
Sprawność panelu [%]	20,9
Tolerancja mocy [%]	0~3
Maksymalne napięcie łańcucha modułów [V]	1500
Współczynniki temperatury	
Współczynnik temperatury $I_{\text{sc}}$	0,05% / °C
Współczynnik temperaturowy $V_{\text{oc}}$	-0,27% / °C
Współczynnik temperaturowy $P_{\text{mp}}$	-0,34% / °C
Ogólne	
Wymiary	2094 x 1038 x 35 mm
Klasa odporności	IP68
Gwarancja mocy	25 lat
Waga	24,3 kg

### 2.2 Falownik fotowoltaiczny

Falownik pełni rolę konwertera energii elektrycznej powstałej w modułach fotowoltaicznych, w postaci napięcia i natężenia prądu stałego, na energię o parametrach występujących w instalacji elektrycznej obiektu, tj. napięcia i natężenia prądu przemiennego. W projektowanej instalacji zastosowany zostanie falownik producenta Fronius, model Tauro ECO 50-3-D przeznaczony do współpracy z 3-fazową instalacją elektryczną i charakteryzuje się następującymi parametrami:

Tab. 2 Specyfikacja techniczna falownika.

Strona AC	
Znamionowa moc wyjściowa $P_{\text{AC}}$ (W)	50 000
Znamionowa moc pozorna $S_{\text{AC}}$ (VA)	50 000
Znamionowe napięcie wyjściowe $V_{\text{AC}}$ (V)	400
Maksymalny prąd wyjściowy na fazę $I_{\text{AC max}}$ (A)	75,8 / 72,5
Strona DC	
Maksymalna moc wejściowa $P_{\text{DC max}}$ (W)	50 000
Napięcie rozpoczęcia pracy $U_{\text{DC start}}$ (V)	650
Maksymalne napięcie wejściowe $U_{\text{DC max}}$ (V)	1000
Zakres napięcia MPP ( $U_{\text{mpp min}} - U_{\text{mpp max}}$ ) (V)	580 – 930
Maksymalny prąd wejściowy $I_{\text{DC max}}$ (A)	87,5
Liczba urządzeń śledzących MPP	1
Inne	
Maks. współczynnik sprawności	98,5%
Stopień ochrony	IP65
Wymiary	755 x 1109 x 346 mm
Waga	74 kg



## 2.3 Okablowanie

Po stronie DC panele przyłączone są kablami solarnymi w podwójnej izolacji, odporne na promieniowanie UV i warunki zewnętrzne. Okablowanie pomiędzy modułami fotowoltaicznymi a inwerterem wykonane zostanie przewodem solarnym zewnętrznym o przekroju min. 6mm<sup>2</sup>. Okablowanie DC będzie podwieszone na konstrukcji wsporczej modułów fotowoltaicznych. W celu połączenia poszczególnych elementów składowych systemu w całość, wykorzystuje się złącza MC4. Elementy te są wodoszczelne (IP67) i odporne na promieniowanie UV aby zapewnić niezawodność łączeniową. Przejścia kablowe do budynku będzie realizowane przez przepust kablowy w połaci dachowej lub przez wolny kanał wentylacyjny.

Po stronie AC instalacja pomiędzy falownikiem a szafką RPV-AC wykonana będzie w oparciu o kabel typu YAKY a instalacja pomiędzy szafką RPV-AC a istniejącym złączem kablowym ZK1 wykonana będzie w oparciu o kabel typu YAKXS.

Podczas układania kabli należy zachować szczególną ostrożność, aby nie uszkodzić izolacji kabla o ostre krawędzie konstrukcji wsporczej. Kable należy układać blisko siebie, by zminimalizować możliwość indukowania się w nich przepięć.

**Plan prowadzenia kabli po stronie AC przedstawiony został na rysunku E-1.**

## 2.4 Rozdzielnica AC

Dla potrzeb zabezpieczenia instalacji fotowoltaicznej, projektuje się rozdzielnicę AC w której zamontowany będzie rozłącznik bezpiecznikowy, wyłącznik nadprądowy o charakterystyce B oraz ogranicznik przepięć typ I + typ II zgodnie ze schematem połączeń E-2.

## 2.5 Konstrukcje wsporcze

Projektuje się wolnostojące dwupodporowe konstrukcje gruntowe umożliwiające położenie paneli w konfiguracji pionowej – moduły montowane w dwóch rzędach pionowo. Konstrukcja nośna paneli wykonana zostanie z profili stalowych oraz elementów aluminiowych. Konstrukcję pod moduły PV zaleca się wykonać z materiałów o znacznej wytrzymałości, dzięki czemu jej elementy nośne, podobnie jak wybrane w konfiguracji komponenty, zapewniając długoletnie funkcjonowanie instalacji fotowoltaicznej. Należy zastosować konstrukcję systemową wbity bezpośrednio do gruntu. Głębokość osadzenia konstrukcji zależy od warunków panujących na miejscu montażu i ustalana jest w oparciu o nośność gruntu. Konstrukcja wraz z zamontowanymi modułami fotowoltaicznymi powinna spełniać normy dotyczące odporności na obciążenie wiatrem i śniegiem. Moduły fotowoltaicznej należy montować zgodnie z załączonymi rysunkami. Istnieje możliwość zastosowań rozwiązań równoważnych.

**Przykładowy widok konstrukcji wsporczej przedstawiony został na rysunku E-4.**

### 3. Ochrona odgromowa

Poprawna praca, właściwe funkcjonowanie instalacji fotowoltaicznej i jej bezpieczeństwo zapewnione będzie poprzez uziemienie modułów fotowoltaicznych i systemu mocowania oraz zastosowanie ochrony przeciwprzepięciowej. Ze względu na usytuowanie oraz charakter instalacji fotowoltaicznej stosowanie dodatkowej ochrony odgromowej w postaci iglic i zwodów nie jest wymagane.

### 4. Ochrona przeciwporażeniowa

Jako środek ochrony przeciwporażeniowej podstawowej (przed dotykiem bezpośrednim) przyjęto izolację części czynnych, stosowanie przegród oraz osłon (IIP2X). Zainstalowano obudowy (rozdzielnice) oraz urządzenia o II klasie ochronności. Jako ośrodek ochrony dodatkowej (przed dotykiem pośrednim) przyjęto samoczynne wyłączenie zasilania, dodatkową i podwójną izolację ochronną oraz połączenia wyrównawcze ochronne zrealizowane dla wszystkich elementów przewodzących instalacji PV. Urządzeniem, które pełni funkcję zabezpieczającą jednocześnie przed prądem przeciążeniowym i przed prądem zwarciovym jest rozłącznik bezpiecznikowy z wkładkami cylindrycznymi oraz wyłącznik nadprądowy. Zadaniem wyłącznika jest odcięcie zasilania w sytuacji, gdy wystąpi zwarcie albo przeciążenie.

### 5. Ochrona przeciwpożarowa

Przeciwpożarowy wyłącznik bezpieczeństwa przeznaczony jest do bezpiecznego i nagłego odcięcia zasilania w instalacjach fotowoltaicznych w przypadku awarii i/lub pożaru. W projektowanej instalacji fotowoltaicznej zaprojektowano wyłącznik przeciwpożarowy PROJOY PEFS-EL50H-6 3MPPT. Wyłącznik przystosowany jest do montażu 3 łańcuchów. Wyłącznik jest wyposażony w przełącznik PEDS, najpopularniejszy przełącznik DC do instalacji fotowoltaicznych na świecie.

Tab. 3 Specyfikacja techniczna przeciwpożarowego wyłącznika.

Wejście	
Napięcie łańcuchów $V_{DC}$ (V)	300-1500
Prąd na łańcuchu (A)	50
Liczba łańcuchów	3
Inne	
Stopień ochrony	IP66
Wymiary	327 x 241 x 85 mm

## 6. Obliczenia

### 6.1 Dobór łańcuchów modułów PV do falownika

#### 6.1.1. Obliczenia minimalnego i maksymalnego napięcia łańcuchów modułów PV

W celu doboru łańcuchów modułów PV do falownika należy określić graniczne temperatury pracy modułów PV. Przy założeniu, że instalacja będzie w II strefie klimatycznej przyjęto:

- Minimalna temperatura do wyliczenia napięcia obwodu otwartego  $V_{OC}$

$$T_{VOC} = -18^{\circ}\text{C}$$

- Minimalna temperatura do wyliczenia maksymalnego napięcia roboczego  $V_{mpp\ max}$

$$T_{rmin} = 2^{\circ}\text{C}$$

- Maksymalna temperatura do wyliczenia napięcia roboczego  $V_{mpp\ min}$

$$T_{rmax} = 68^{\circ}\text{C}$$

Dla tak przyjętych temperatur różnica między temperaturą napięcia obwodu otwartego w warunkach STC (+25°C) a temperatura obliczeniowa  $T_{VOC}$  będzie wynosić  $\Delta T_{VOC}=43^{\circ}\text{C}$ . Analogicznie  $\Delta T_{rmin}=23^{\circ}\text{C}$ , a  $\Delta T_{rmax}=43^{\circ}\text{C}$ .

- Napięcie obwodu otwartego w niskiej temperaturze  $T_{VOC}$

$$V_{OC\ max} = V_{OC\ STC} + (\beta \cdot V_{OC\ STC} \cdot \Delta T_{VOC}) = 49,5 + (0,0027 \cdot 49,5 \cdot 43) = 55,3\ [V]$$

- Napięcie w punkcie mocy maksymalnej w niskiej temperaturze  $T_{rmin}$

$$V_{mpp\ max} = V_{mpp\ STC} + (\beta \cdot V_{OC\ STC} \cdot \Delta T_{rmin}) = 41,7 + (0,0027 \cdot 41,7 \cdot 23) = 44,3\ [V]$$

- Napięcie w punkcie mocy maksymalnej w wysokiej temperaturze  $T_{rmax}$

$$V_{mpp\ min} = V_{mpp\ STC} - (\beta \cdot V_{OC\ STC} \cdot \Delta T_{rmax}) = 41,7 - (0,0027 \cdot 41,7 \cdot 43) = 36,9\ [V]$$

#### 6.1.2. Wyznaczanie maksymalnego prądu zwarcia łańcuchów modułów PV

Na zmianę prądu modułu PV w niewielkim stopniu ma wpływ jego temperatura, z kolei kluczowe znaczenie ma chwilowa wartość natężenia promieniowania słonecznego. Prąd zwarcia według warunków STC jest mierzony przy natężeniu promieniowania słonecznego  $1000\ \text{W/m}^2$ . Mierzone w Polsce natężenie promieniowania słonecznego sięgają  $1150\text{W/m}^2$ . Ze względów bezpieczeństwa przy doborze łańcuchów modułów PV należy założyć możliwość wzrostu prądu zwarcia, zgodnie z PN-HD-30364--712:2016, o 25% ponad wartość STC.

Wyznaczenie granicznych wartości prądu roboczego i prądu zwarcia:

- Maksymalna wartość prądu zwarcia

$$I_{sc\ max} = I_{sc\ STC} \cdot 1,25 = 11,6 \cdot 1,25 = 14,5\ [A]$$

- Maksymalna wartość prądu roboczego

$$I_{mpp\ max} = I_{mpp\ STC} \cdot 1,15 = 10,9 \cdot 1,15 = 12,6\ [A]$$

### 6.1.3. Obliczanie minimalnej i maksymalnej liczby modułów PV w łańcuchu

Dobór długości łańcuchów modułów PV do falownika:

- Maksymalna liczba modułów łączonych szeregowo ze względu na napięcie wejściowe ( $U_{max}$ )

$$\frac{U_{DC\ max}}{V_{OC\ max}} = \frac{1000}{55,3} = 18,1 - maks. 18$$

- Maksymalna liczba modułów łączonych szeregowo ze względu na napięcie MPP ( $U_{mpp\ max}$ )

$$\frac{U_{mpp\ max}}{V_{mpp\ max}} = \frac{930}{44,3} = 20,9 - maks. 20$$

- Minimalna liczba modułów łączonych szeregowo

$$\frac{U_{mpp\ min}}{V_{mpp\ min}} = \frac{580}{36,9} = 15,7 - min. 16$$

## 6.2 Dobór kabli i zabezpieczeń

### 6.2.1. Dobór kabli po stronie DC

- Strata na okablowaniu między modułami

$$Strata\ A = \frac{I_{mpp\ NOCT} \cdot L_a}{V_{łańcuch\ mpp\ NOCT} \cdot k \cdot A} = \frac{8,81 \cdot 25}{698,4 \cdot 50 \cdot 6} = 0,001 [\%]$$

gdzie:

$I_{mpp\ NOCT}$  - natężenie prądu w punkcie mocy maksymalnej NOCT

$V_{łańcuch\ mpp\ NOCT}$  - napięcie NOCT łańcucha 18 modułów PV =  $18 \cdot 38,8 = 698,4$  [V]

$L_{A,B,C}$  - długość okablowania strony DC łańcucha

$k$  - przewodność właściwa dla Cu -  $k = 50\text{m}/\text{ohm} \cdot \text{mm}^2$

$A$  - przekrój poprzeczny żyły kabla  $A = 6\text{mm}^2$

Suma strat na okablowaniu strony DC jednego łańcucha wynosić będzie  $< 0,1\%$  przy zastosowaniu kabla  $6\text{mm}^2$  Cu. Kabel ten jest także poprawnie dobrany w zakresie obciążalności prądowej.

### 6.2.2. Dobór zabezpieczeń po stronie DC

Dobór bezpiecznika przetężeniowego gPV:

$$\begin{aligned} 1,375 \cdot I_{SC\ STC} &\leq I_n \\ 1,375 \cdot 11,66 &\leq I_n \\ 16,03\text{ [A]} &\leq I_n \end{aligned}$$

gdzie:

$I_{SC\ STC}$  – nominalny prąd w warunkach STC,

$I_n$  – wartość prądu znamionowego bezpiecznika gPV,

Dla zabezpieczenia łańcucha w falowniku dobrano wkładki bezpiecznikowe **20A gPV 1100V**.

Dobór maksymalnego napięcia pracy ograniczników przepięć po stronie DC:

$$U_{CPV} = 1,2 \cdot 18 \cdot 49,5 \approx 1070\text{ [V]}$$

Dla strony DC dobrano ogranicznik przepięć typu **PV T2 3P 1100V**.

**Wkładki bezpiecznikowe oraz ograniczniki przepięć po stronie DC należy zamontować w projektowanym falowniku – według instrukcji.**

### 6.2.3. Dobór kabli po stronie AC

- Dobór kabla dla instalacji 24,57kWp

$$I_B = \frac{P_{max}}{U_{n\ min} \cdot \sqrt{3}} = \frac{24\ 570}{380 \cdot \sqrt{3}} \approx 38 [A]$$

gdzie:

$P_{max}$  - maksymalna moc falownika

$U_{n\ min}$  - minimalne napięcie międzyfazowe 380V

Na odcinku od falownika do skrzynki RPV-AC dobrano kabel typu **YAKY 5×35mm<sup>2</sup>**, którego dopuszczalny prąd wynosi **108A**.

Sprawdzenie doboru zabezpieczenia:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$38\ A \leq 50\ A \leq 108\ A - \text{warunek spełniony}$$

$$1,6 \cdot I_N \leq 1,45 \cdot I_Z$$

$$80\ A \leq 156,6\ A - \text{warunek spełniony}$$

- Obliczenie spadku napięcia między falownikiem a skrzynką RPV-AC

$$\Delta U_{\%} = \frac{100 \times \sum_{i=1}^m P_i \times l_i}{\gamma \times s \times U_N^2}$$

gdzie:

$P_i$  — moc obciążenia w i-tym punkcie obwodu [W],

$l_i$  — długość przewodu (między falownikiem a RPV)

$\gamma$  — przewodność przewodu:

dla aluminium wynosi  $\gamma = 35 [m/(\Omega \cdot mm^2)]$

$s$  — przekrój przewodu,

$U_N$  — napięcie międzyprzewodowe.

$$\Delta U_{\%} = \frac{100 \times \sum_{i=1}^m P_i \times l_i}{\gamma \times s \times U_N^2} = \frac{100 \times 24\ 570 \times 5}{35 \times 35 \times 400^2} = 0,01 [\%]$$

- Obliczenie spadku napięcia między skrzynką RPV-AC a istniejącym złączem kablowym ZK1

$$\Delta U_{\%} = \frac{100 \times \sum_{i=1}^m P_i \times l_i}{\gamma \times s \times U_N^2}$$

gdzie:

$P_i$  — moc obciążenia w i-tym punkcie obwodu [W],

$l_i$  — długość przewodu (między falownikiem a RPV)

$\gamma$  — przewodność przewodu:

dla aluminium wynosi  $\gamma = 35 [m/(\Omega \cdot mm^2)]$

$s$  — przekrój przewodu,

$U_N$  — napięcie międzyprzewodowe.

$$\Delta U_{\%} = \frac{100 \times \sum_{i=1}^m P_i \times l_i}{\gamma \times s \times U_N^2} = \frac{100 \times 24\ 570 \times 260}{35 \times 120 \times 400^2} = 0,95 [\%]$$

Na odcinku od skrzynki RPV-AC do istniejącego złącza kablowego ZK1 dobrano kabel typu **YAKXS 4×120mm<sup>2</sup>**, którego dopuszczalny prąd wynosi **273A**.