

**APROTECH**  
AUTOMATYZACJA PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH



APROTECH Michał Paradowski  
Dworcowa 1A  
89-200 Szubin

telefon: +48 502 384 393  
+48 52 320 15 10  
e-mail: biuro@apt.pl

Inwestor:	Starostwo Powiatowe we Włocławku ul. Cyganka 28 87-800 Włocławek	
Adres inwestycji:	PCKZiU CHODECZ ul Włocławska 7a 87-860 Chodecz	
Zadanie:	Budowa instalacji fotowoltaicznej o mocy 84,84 kWp	
Stadium:	Projekt techniczny	
Instalacje PV		
Opracowujący	inż. Bogusz Leszczyc-Grabianka	
Projektujący	mgr inż. Andrzej Stefański uprawnienia budowlane ABIT-II-7342-46/99	

Szubin 19.08.2024 r.

## Spis treści

1	WSTĘP .....	3
1.1	Przedmiot opracowania.....	3
1.2	Podstawa opracowania.....	3
1.3	Wstępne założenia .....	5
2	INSTALACJA FOTOWOLTAICZNA.....	5
2.1	Rozmieszczenie instalacji fotowoltaicznej.....	5
2.2	Moduły fotowoltaiczne.....	5
2.3	Inwerter (przetwornica) .....	6
3	DOBÓR ELEMENTÓW INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ.....	9
4	OKABLOWANIE.....	9
4.1	Strona stałoprądowa DC.....	9
4.2	Strona zmiennoprądowa AC .....	9
4.3	Kable komunikacyjne.....	12
5	ZABEZPIECZENIA.....	12
5.1	Zabezpieczenie strona stałoprądowa DC .....	12
5.2	Zabezpieczenie strona zmiennoprądowa AC.....	13
5.3	Ochrona przepięciowa instalacji.....	14
5.4	Ochrona przeciwporażeniowa .....	15
5.5	Ochrona przed przepięciami.....	15
6	SYMULACJA WIELKOŚCI PRODUKCJI ENERGII ELEKTRYCZNEJ Z INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ .....	16
7	POMIARY .....	16
8	UWAGI .....	16
9	SPIS RYSUNKÓW .....	17

# **1 WSTĘP**

## **1.1 Przedmiot opracowania**

Przedmiotem opracowania jest projekt budowlano-wykonawczy elektrowni fotowoltaicznej o mocy 84,84kWp zlokalizowanej na terenie Powiatowego Centrum Kształcenia Zawodowego i Ustawicznego w Chodczu. Niniejsze opracowanie swoim zakresem obejmuje projekt wykonawczy instalacji fotowoltaicznej składającej się z paneli fotowoltaicznych zamontowanych na konstrukcjach wsporczych tworzących stoły, inwerterów solarnych oraz linii kablowych DC i AC niskiego napięcia

Instalacja zostanie zabezpieczona ogrodzeniem panelowym o wys. 1,8 m i furtką zamykaną na zamek. Budowa instalacji polegać będzie na montażu na gruncie 168 szt. paneli fotowoltaicznych zorientowanych w kierunku południowym. W szczególności zakres robót obejmuje:

- montaż stalowo-aluminiowych konstrukcji wsporczych wbijanych w grunt, umożliwiających ustawienie paneli pod kątem 25-30 st.,
- montaż ogniw fotowoltaicznych w ilości 168 szt.,
- montaż inwerterów (2kpl.),
- podłączenie przewodów elektrycznych do aparatów,
- montaż instalacji elektrycznej,
- wykonanie ogrodzenia,

## **1.2 Podstawa opracowania**

- Wizja lokalna,
- Ustalenia i umowa zawarta z Inwestorem,
- Wytyczne producentów urządzeń,
- Obowiązujące przepisy i normy, w tym m.in.:
  - Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej (Dz.U. z 2002 r. Nr 147 poz. 1229 z późniejszymi zmianami),
  - Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo Budowlane (t.j. Dz.U. z 2013 r. poz. 1410 z późniejszymi zmianami),
  - Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2002 r. Nr 75 poz. 690 z późniejszymi zmianami),

- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. z 2010 r. Nr 109 poz. 719),
- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 20 czerwca 2006 r. w sprawie wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia, a także zasad wydawania dopuszczeni tych wyrobów do użytkowania (Dz.U. z 2006 r. Nr 143 poz. 1002),
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 11 sierpnia 2004 r. w sprawie sposobów deklarowania zgodności wyrobów budowlanych oraz sposobu znakowania ich znakiem budowlanym (Dz.U. z 2004 r. Nr 198 poz. 2041),
- PN-IEC 60364-1:2000 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych - Zakres, przedmiot i wymagania podstawowe.
- PN-IEC 60364-5-51:2000 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych - Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego - Postanowienia ogólne.
- HD 384/HD 60364 PN-IEC 60364:1999 (norma wieloczęściowa) Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych.
- Zespół norm PN-IEC 62104. Ochrona odgromowa obiektów budowlanych,
- PN-EN ISO 9488:2002 Energia słoneczna - Terminologia.
- PN-EN 61173:2002 Ochrona przepięciowa fotowoltaicznych (PV) systemów wytwarzania mocy elektrycznej - Przewodnik.
- PN-EN 61194:2002 Parametry charakterystyczne autonomicznych systemów fotowoltaicznych (PV).
- PN-EN 61215:2005 Moduły fotowoltaiczne (PV) z krzemu krystalicznego do zastosowań naziemnych - Kwalifikacja konstrukcji i aprobaty typu. (j.ang.)
- PN-EN 61730-1:2007 Ocena bezpieczeństwa modułu fotowoltaicznego (PV) - Część 1: Wymagania dotyczące konstrukcji. (j.ang.)
- PN-EN 61730-2:2007 Ocena bezpieczeństwa modułu fotowoltaicznego (PV) - Część 2: Wymagania dotyczące badań. (j.ang.)
- PN-EN 62093:2005 Elementy uzupełniające w systemach fotowoltaicznych – Założenia kwalifikacyjne dla środowiska naturalnego. (j.ang.)
- PN-EN 62108:2008 Moduły fotowoltaiczne oraz systemy z koncentratorami światła (CPV) - Kwalifikacja konstrukcji i zatwierdzenie typu. (j.ang.)
- PN-EN 62124:2005 Systemy fotowoltaiczne (PV) wolnostojące - Weryfikacja projektu. (j.ang.)

- ICE 60364-7-712:2007 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych - Część 7-712: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji - Fotowoltaiczne (PV) układy zasilania.

### **1.3 Wstępne założenia**

Projektuje się zabudowę paneli na gruncie, w odległości ok. 110 m od budynku głównego PCKZiU w kierunku północnym. Projektowane panele fotowoltaiczne dostarczą moc:

- 168 szt. x 505 W = 84840Wp

Szacunkowa roczna produkcja energii elektrycznej przez instalację fotowoltaiczną wyniesie od 76360 kWh w pierwszym roku, do 67730 kWh w 10 roku produkcji. Porównanie wielkości zapotrzebowania na energię (233404 kWh/rok) z możliwościami produkcyjnymi instalacji fotowoltaicznej pozwala stwierdzić, że wytworzona energia elektryczna w całości zostanie zużyta na potrzeby własne obiektu. Nie projektuje się magazynowania nadwyżki wyprodukowanej energii elektrycznej. Projektuje się włączenie instalacji fotowoltaicznej do rozdzielni niskiego napięcia znajdującej się w budynku zgodnie z rysunkiem E-01.

Projektowane moduły fotowoltaiczne połączone zostaną systemem mieszanym (szeregowo-równoległe) w łańcuchy (stringi). Do połączenia elektrycznego modułów zastosowane będą kable solarne odporne na promieniowanie UV w podwójnej izolacji. Łańcuchy wytwarzać będą napięcie prądu stałego DC.

## **2 INSTALACJA FOTOWOLTAICZNA**

### **2.1 Rozmieszczenie instalacji fotowoltaicznej**

Projektowana instalacja fotowoltaiczna zabudowana będzie na gruncie, w odległości ok. 110 m od budynku głównego PCKZiU zgodnie z załączonym rysunkiem E-01. Orientacja paneli - południowa. Instalacja zbudowana zostanie ze 168 paneli o łącznej mocy 84,84 kWp. Projektuje się montaż paneli fotowoltaicznych z zastosowaniem stalowo-aluminiowych konstrukcji wsporczych wbijanych w grunt, umożliwiających ustawienie paneli pod kątem 25-30 st.

### **2.2 Moduły fotowoltaiczne**

Projektowane moduły fotowoltaiczne połączone zostaną systemem mieszanym (szeregowo-równoległe) w łańcuchy (stringi). Do połączenia elektrycznego modułów należy zastosować kable solarne odporne na promieniowanie UV o przekroju min. 6 mm<sup>2</sup>.

Łańcuchy wytwarzać będą napięcie prądu stałego DC. Zastosowanie do produkcji modułu komponentów wysokiej jakości pozwala na uzyskiwanie większej ilości energii i gwarantuje długą żywotność urządzenia. Projektowany moduł pokryty będzie szkłem hartowanym, o niskiej zawartości żelaza, z powłoką antyrefleksyjną.

Jako źródło energii odnawialnej w projektowanej instalacji fotowoltaicznej zastosowane zostanie 168 modułów fotowoltaicznych o mocy 505Wp każdy. Moduły zostaną podzielone na sekcje zgodnie z wielkością opisanego w dalszej części projektu oraz falownika sieciowego, do którego zostaną podłączone panele PV. Podstawowym elementem instalacji są moduły fotowoltaiczne o mocy 505Wp, których parametry techniczne spełniają wszystkie normy jakościowe obowiązujące w krajach UE. Obudowa modułu wykonana jest z anodowanego aluminium. Wyposażony jest w kable ze spolaryzowanymi złączami odpornymi na warunki atmosferyczne typu MC4. Wymiary przyjętego do projektu modułu to 1196x1134x30mm; waga: ok. 24,4 kg. Panel posiada zabezpieczenie w postaci diod bocznikująco-blokujących mających na celu ochronę przed przepływem prądu wstecznego co w przypadku zacinienia części ogniw nie odcina całego łańcucha paneli (string). W projekcie zaproponowano zastosowanie urządzeń, których parametry gwarantują efektywną i długotrwałą eksploatację.

Podstawowe parametry modułu monokrystalicznego 505Wp:

- napięcie otwartego obwodu  $V_{oc}$  - 43,78 V,
- napięcie MPP  $V_{mp}$  - 37,00 V,
- prąd MPP  $I_{mp}$  - 13,65 A,
- prąd zwarcia  $I_{sc}$  - 14,57 A,
- współczynnik sprawności modułu - 22,31 %.

## 2.3 Inwerter (przetwornica)

Inwertery umożliwiają zamianę wytwarzanego przez panele prądu o stałym napięciu na prąd o napięciu zmiennym. Na wyjściu inwertera w kierunku instalacji założono napięcie prądu zmiennego AC o wartości 400/230 V. W przedmiotowej instalacji projektuje się zastosowanie dwóch inwerterów beztransformatorowych o mocy wyjściowej 40 kW oraz 45 kW.

### • Inwerter (nr 1) o mocy: 45,0 kW

#### DANE WEJŚCIOWE (DC)

- Maks. moc DC dla pojedynczego MPPT - 25000 (W)
- Liczba urządzeń śledzących/trackerów MPP - 4

Liczba wejść DC	- 2 na każde MPPT
Maks. napięcie wejściowe	- 1100 (V)
Napięcie rozruchowe	- 200 (V)
Znamionowe napięcie wejściowe	- 620 (V)
Zakres napięcia pracy MPPT	- 180 – 1000 (V)
Zakres napięcia MPPT dla pełnej mocy	- 510 – 850 (V)
Maks. prąd wejściowy ( $I_{dc\ max}$ ) na MPPT	- 4 x 40 (A)
Maks. wejściowy prąd zwarcia na MPPT	- 4 x 50 (A)

### **DANE WYJŚCIOWE (AC)**

Moc znamionowa	- 40 000 (W)
Maks. moc AC	- 44 000 (VA)
Maks. natężenie wyjściowe $I_{sc}$	- 66,7 (A)
Napięcie znamionowe sieci	- 3/N/PE 230 V/400 Vac
Zakres napięcia sieciowego	- 310 - 480 Vac
Częstotliwość znamionowa sieci	- 50 Hz/ 60 Hz
Zakres częstotliwości sieci	- 45 Hz/ 65 Hz
Zakres regulacji mocy czynnej	- 0 – 100%
Współczynnik zniekształceń nieliniowych THDi	- < 3 %
Współczynnik mocy	- regulowane +/- 0,8
Maks. współczynnik sprawności	- 98,8 %
Europejski współczynnik sprawności ( $\eta_{EU}$ )	- 98,2 %

### **DANE OGÓLNE**

Zakres temperatur otoczenia	- -40°C - +60°C
Stopień ochrony wilgotności	- IP65
Dopuszczalny zakres wilgotności względnej	- 0 – 100 %
Topologia	- beztransformatorkowa
Pobór własny w nocy	- < 3 (W)
Waga	- 37 kg

#### **• Inwerter (nr 2) o mocy: 40.0 kW**

### **DANE WEJŚCIOWE (DC)**

Maks. moc DC dla pojedynczego MPPT	- 25000 (W)
Liczba urządzeń śledzących/trackerów MPP	- 4

Liczba wejść DC	- 2 na każde MPPT
Maks. napięcie wejściowe	- 1100 (V)
Napięcie rozruchowe	- 200 (V)
Znamionowe napięcie wejściowe	- 620 (V)
Zakres napięcia pracy MPPT	- 180 – 1000 (V)
Zakres napięcia MPPT dla pełnej mocy	- 480 – 850 (V)
Maks. prąd wejściowy ( $I_{dc\ max}$ ) na MPPT	- 4 x 40 (A)
Maks. wejściowy prąd zwarcia na MPPT	- 4 x 50 (A)

## **DANE WYJŚCIOWE (AC)**

Moc znamionowa	- 40 000 (W)
Maks. moc AC	- 44 000 (VA)
Maks. natężenie wyjściowe $I_{sc}$	- 66,7 (A)
Napięcie znamionowe sieci	- 3/N/PE 230 V/400 Vac
Zakres napięcia sieciowego	- 310 - 480 Vac
Częstotliwość znamionowa sieci	- 50 Hz/ 60 Hz
Zakres częstotliwości sieci	- 45 Hz/ 65 Hz
Zakres regulacji mocy czynnej	- 0 – 100%
Współczynnik zniekształceń nieliniowych THDi	- < 3 %
Współczynnik mocy	- regulowane +/- 0,8
Maks. współczynnik sprawności	- 98,8 %
Europejski współczynnik sprawności ( $\eta_{EU}$ )	- 98,2 %

## **DANE OGÓLNE**

Zakres temperatur otoczenia	- -40°C - +60°C
Stopień ochrony wilgotności	- IP65
Dopuszczalny zakres wilgotności względnej	- 0 – 100 %
Topologia	- beztransformatorowa
Pobór własny w nocy	- < 3 (W)
Waga	- 37 kg

## **STANDARD – DEKLARACJE ZGODNOŚCI**

EN 61000-6-2 EN 61000-6-4, IEC 62109-1/2, IEC 62116, IEC 61727, IEC 61683, IEC 60068 (1,2,14,30), IEC 60255, VDE V 0124-100, V 0126-1-1, VDE-AR-N 4105, CEI 0-21 / CEI 0-16,



### 3 DOBÓR ELEMENTÓW INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ

Doboru inwerterów i podziału modułów na stringi dokonano przy pomocy oprogramowania. Główne założenia przedstawiono poniżej:

- 168 szt. paneli o łącznej mocy 84,84 kWp

Dobre inwertery:

- 1) Inwerter nr 1 o mocy nominalnej 45,0 kW - 88 szt. w konfiguracji: 4 x 22paneli;
- 2) Inwerter nr 2 o mocy nominalnej 40,0 kW - 80 szt. w konfiguracji: 4 x 20 paneli;

### 4 OKABLOWANIE

#### 4.1 Strona stałoprądowa DC

Inwerter	Łańcuch	Długość odcinka przewodu (m)	Projektowany przekrój przewodów (mm <sup>2</sup> )	Straty w przewodach (%)
Inwerter 1 45,0 kW	STR 1	12	6	0,124
	STR 2	21	6	0,217
	STR 3	35	6	0,362
	STR 4	43	6	0,444
Inwerter 2 40,0 kW	STR 1	22	6	0,227
	STR 2	28	6	0,289
	STR 3	37	6	0,382
	STR 4	48	6	0,496

Starty dla najdłuższego odcinka przewodów <1% = warunek spełniony

#### 4.2 Strona zmiennoprądowa AC

Projektowane kable AC nNw projektowanej elektrowni fotowoltaicznej ułożyć od rozdzielni głównej RG do rozdzielni głównej fotowoltaicznej RGPV oraz od RGPV do poszczególnych inwerterów (1÷2) - zgodnie z normą N SEP-E-004 oraz PN-76/E-05125, wzdłuż trasy i namiarów pokazanych na rys. nr E-01, w sposób wykluczający ich uszkodzenie. Kable AC nN ułożone będą na głębokości min 0,8m na podsypce z dziesięciocentymetrowej warstwie piasku i zasypane podobną warstwą piasku. Na tak przygotowane warstwy należy nasypać ok 25 cm rodzimej ziemi i następnie ułożyć niebieską folię ostrzegawczą z tworzywa sztucznego o grubości min. 0,3 mm i szerokości

25 cm. Przejścia pod nawierzchniami drogowymi wykonać w rurach osłonowych typu DVR 160 (HDPE) koloru niebieskiego. Końce rur osłonowych zabezpieczyć przed wnikaniem wilgoci lub ewentualnego robactwa i gryzoni, taśmą lub masą uszczelniającą. Należy zachować odległość poziomą min. 25 cm pomiędzy kablami nN a przewodami komunikacyjnymi inwerterów, układanymi we wspólnym wykopie z kablami nN. Na etapie wykonawstwa należy sprawdzić ewentualne niezainwentaryzowane kolizje z sieciami.

Pomiędzy rozdzielnią główną RG a rozdzielnią główną fotowoltaiczną znajduje się rozdzielnia główna pomp ciepła RGPC pokazana na rys. nr E-01.

Obciążalność prądowa kabla dla obwodu trójfazowego:

$$I_B = \frac{P}{\sqrt{3} * \cos \varphi * U_n}$$

gdzie:

$I_B$  - obliczeniowy prąd obciążenia kabla [A]

$P$  - moc czynna obciążenia przewodu lub kabla [W]

$\cos \varphi$  - współczynnik mocy

$U_n$  - napięcie międzyfazowe (V)

Warunek spadku napięcia:

$$\Delta U = \frac{P * L}{\gamma * S * U_{n1}^2}$$

gdzie:

$P$  - moc czynna obciążenia przewodu lub kabla [W]

$L$  - długość przewodu (m)

$S$  - przekrój przewodu w (mm<sup>2</sup>)

$\gamma$  - konduktywność przewodu

(dla miedzi 56 [ $\Omega \cdot \text{mm}^2$ ])

(dla aluminium 34 [ $\Omega \cdot \text{mm}^2$ ])

$U_{n1}^2$  - napięcie międzyfazowe

#### Obliczenia dla inwertera 1(45,00 kW); inwerter - RAC

- Prąd obciążenia przewodu:

$$I_B = \frac{45\,000}{\sqrt{3} * 0,9 * 400} = \frac{45\,000}{623,538} = 72,17 \text{ (A)}$$

- Warunek spadku napięcia:

$$\Delta U = 0,15 \%$$

Obliczenia wykonano dla przewodu YKY o przekroju żył roboczych 10mm<sup>2</sup> i odległości do 3 m.

#### **Obliczenia dla inwertera 1(45,00 kW); RAC - RGPV**

- Prąd obciążenia przewodu:

$$I_B = \frac{45\,000}{\sqrt{3} * 0,9 * 400} = \frac{45\,000}{623,538} = 72,17 \text{ (A)}$$

- Warunek spadku napięcia:

$$\Delta U = 0,75 \%$$

Obliczenia wykonano dla przewodu YKY o przekroju żył roboczych 10mm<sup>2</sup> i odległości do 15 m.

#### **Obliczenia dla inwertera 2 (40,00 kW); inwerter - RAC**

- Prąd obciążenia przewodu:

$$I_B = \frac{40\,000}{\sqrt{3} * 0,9 * 400} = \frac{40\,000}{623,538} = 64,15 \text{ (A)}$$

- Warunek spadku napięcia:

$$\Delta U = 0,13 \%$$

Obliczenia wykonano dla przewodu YKY o przekroju żył roboczych 10mm<sup>2</sup> i odległości do 3 m.

#### **Obliczenia dla inwertera 2 (40,00 kW); RAC - RGPV**

- Prąd obciążenia przewodu:

$$I_B = \frac{40\,000}{\sqrt{3} * 0,9 * 400} = \frac{40\,000}{623,538} = 64,15 \text{ (A)}$$

- Warunek spadku napięcia:

$$\Delta U = 0,53 \%$$

Obliczenia wykonano dla przewodu YKY o przekroju żył roboczych 16mm<sup>2</sup> i odległości do 30 m.

#### **Obliczenia dla inwerterów (85,00 kW); RAC - RGPV**

- Prąd obciążenia przewodu:

$$I_B = \frac{85\,000}{\sqrt{3} * 0,9 * 400} = \frac{85\,000}{623,538} = 136,32 \text{ (A)}$$

- Warunek spadku napięcia:

$$\Delta U = 0,72 \%$$

Obliczenia wykonano dla przewodu YAKY o przekroju żył roboczych 2x240 mm<sup>2</sup> i odległości do 210 m.

Ze względu na prąd obciążenia i warunek spadku napięcia dobrano minimalne przekroje przewodów:

- Połączenia kablowe od inwerterów (45,0 kW oraz 40,0 kW) do rozdzielnic AC należy wykonać kablem YKY o przekroju żył roboczych 10 mm<sup>2</sup> dla odległości do 3,0 m.
- Połączenie kablowe od rozdzielni AC inwertera 1 do rozdzielni głównej fotowoltaicznej wykonać przewodem YKY o przekroju żył roboczych 10 mm<sup>2</sup> dla odległości do 10 m.
- Połączenie kablowe od rozdzielni AC inwertera 2 do rozdzielni głównej fotowoltaicznej wykonać przewodem YKY o przekroju żył roboczych 16 mm<sup>2</sup> dla odległości do 30 m.
- Połączenie rozdzielnic głównej fotowoltaicznej z rozdzielnią główną należy wykonać za pomocą kabli YAKY o przekroju 2x240 mm<sup>2</sup> dla odległości do 210 m.

**Straty dla najdłuższego odcinka przewodów <1% = warunek spełniony**

### 4.3 Kable komunikacyjne

Jako kable komunikacyjne należy stosować niskonapięciowe ziemne kable żelowe. Należy przewidzieć połączenie pomiędzy inwerterami kablami U/FTP.

## 5 ZABEZPIECZENIA

### 5.1 Zabezpieczenie strona stałoprądowa DC

Zabezpieczenie przed prądami wstecznymi zapewniają zwarciovne bezpieczniki o charakterystyce gPV:

$$I_n \geq \frac{I_{sc}}{k} * 1,4$$

gdzie:

$I_n$  – prąd znamionowy bezpiecznika

$I_{sc}$  – prąd zwarcia łańcucha modułów

$K$  - współczynnik korygujący w zależności od temperatury

(dla 200C  $k=1$ , dla 400C  $k=0,92$ )

przy  $I_{sc} = 14,57A$  dla wejścia  $I_n \geq 22,17 A$ ,

Bezpieczniki po stronie DC muszą mieć napięcie znamionowe spełniające warunek:

$$U_n \geq U_{sc} * 1,2$$

gdzie:

$U_n$  – napięcie znamionowe bezpiecznika,

$U_{sc}$  – napięcie obwodu otwartego łańcucha modułów

- dla obwodu 22 modułów:

$$U_{sc} = 22 * 43,78 = 963,16 V$$

$$U_n \geq 1155,79 V$$

- dla obwodu 20 modułów:

$$U_{sc} = 20 * 43,78 = 875,60 V$$

$$U_n \geq 1050,72 V$$

Przyjmuje się po stronie DC zabezpieczenie 25A o napięciu znamionowym do 1500 V. Z uwagi na występowanie rozłącznika izolacyjnego w inwerterze nie jest konieczny montaż dodatkowego rozłącznika po stronie stałoprądowej.

## 5.2 Zabezpieczenie strona zmiennoprądowa AC

Z uwagi na wytyczne odnośnie montażu mikro-instalacji projektowane zostaje urządzenie łączeniowe w postaci wyłącznika nadprądowego.

Na podstawie wartości obciążenia wyjściowego inwertera 1 o mocy 45 kW,  $I_{sc} = 75,8 A$  dobrano zabezpieczenie nadprądowe:

$$1,13 * I_{sc} \leq I_N \leq 1,45 * I_{sc}$$

$$1,13 * 75,8 \leq I_N \leq 1,45 * 75,8$$

$$85,65 \leq I_N \leq 109,91$$

$$I_N = 100 [A]$$

Na podstawie wartości obciążenia wyjściowego inwertera 2 o mocy 40 kW  $I_{sc} = 66,7$  A dobrano zabezpieczenie nadprądowe:

$$\begin{aligned}1,13 \cdot I_{sc} &\leq I_N \leq 1,45 \cdot I_{sc} \\1,13 \cdot 66,7 &\leq I_N \leq 1,45 \cdot 66,7 \\75,37 &\leq I_N \leq 96,72 \\I_N &= 80 \text{ [A]}\end{aligned}$$

### 5.3 Ochrona przepięciowa instalacji

Do ochrony przepięciowej projektuje się ochronnik przepięciowy po stronie DC typu T1+T2 (kombinowany) montowany w szafie rozdzielczej instalacji fotowoltaicznej przy inwerterze ochronnik również typu T1+T2 (kombinowany).

Ochrona przeciwprzepięciowa - ograniczniki przepięć SPD typ T1+T2 dla 22 paneli w rzędzie:

$$\begin{aligned}U_c &\geq 1,2 \cdot U_{oc} \cdot stc \\U_c &\geq 1,2 \cdot 43,78 \cdot 22 \\U_c &\geq 1155,79 \text{ V}\end{aligned}$$

Ochrona przeciwprzepięciowa - ograniczniki przepięć SPD typ T1+T2 dla 20 paneli w rzędzie:

$$\begin{aligned}U_c &\geq 1,2 \cdot U_{oc} \cdot stc \\U_c &\geq 1,2 \cdot 43,78 \cdot 20 \\U_c &\geq 1050,72 \text{ V}\end{aligned}$$

W razie konieczności przed przystąpieniem do montażu instalacji fotowoltaicznej użytkownik zapewni możliwość przyłączenia, poprzez budowę lub przebudowę rozdzielnic głównej, aby zapewnić miejsce na zabezpieczenie przewodów i przyłączenie instalacji oraz wykonanie zabezpieczeń.

## **5.4 Ochrona przeciwporażeniowa**

Instalacja fotowoltaiczna pracować będzie w układzie TN-S. Ochrona podstawowa, oraz ochrona przed dotykiem bezpośrednim realizowana będzie przez izolowanie części czynnych (izolacja podstawowa) oraz stosowanie obudów i osłon zastosowanych urządzeń o stopniu ochrony co najmniej IP2X.

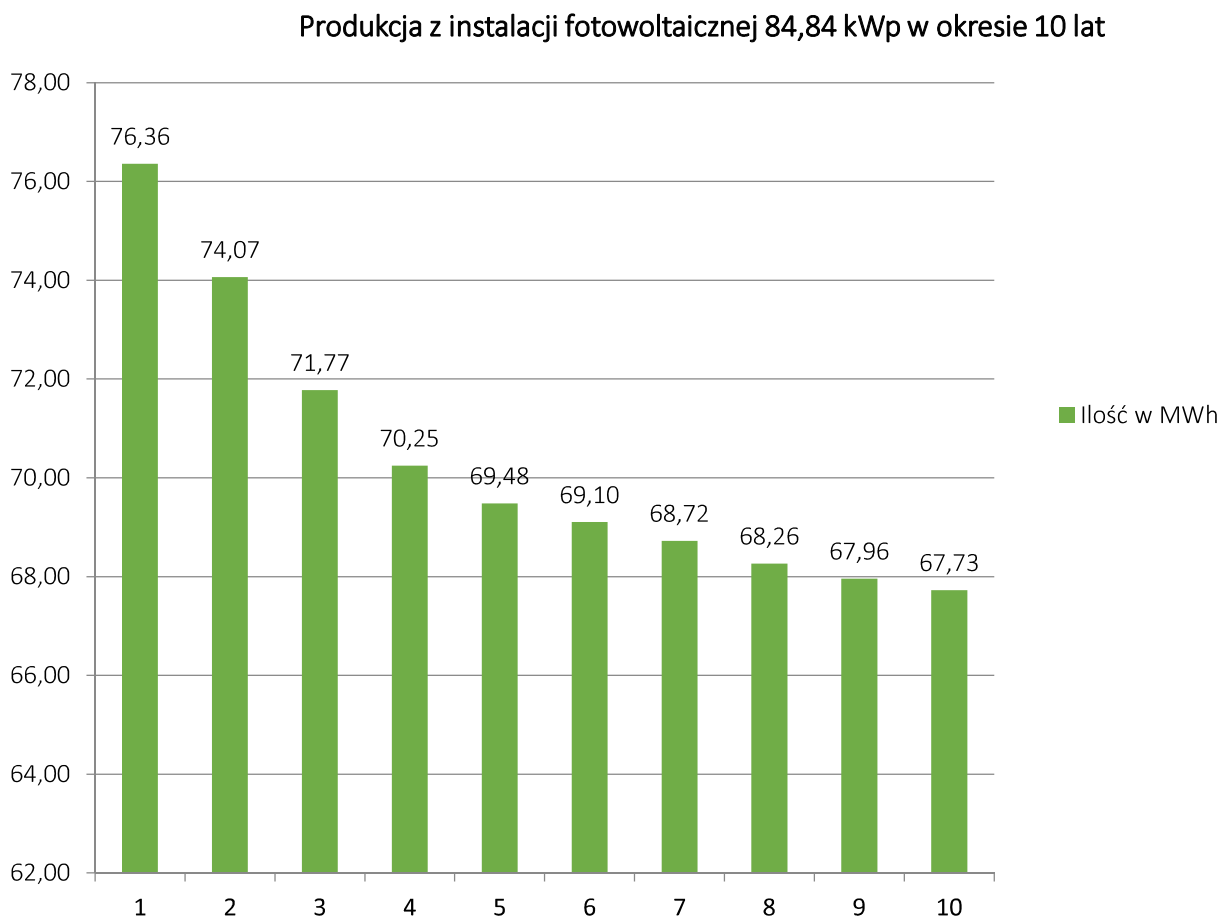
Z uwagi na to, że inwerter posiada II klasę ochronności, nie jest wymagany montaż wyłącznika różnicowoprądowego z wyzwaczem nadprądowym. Na etapie wykonawstwa należy sprawdzić klasę ochronności inwertera.

Ochronę dodatkową dla części DC stanowi uziemienie konstrukcji wsporczych modułów oraz uziemienie części przewodzących dostępnych inwerterów. Wzdłuż stołów konstrukcji wsporczych należy ułożyć uziom i przyłączyć do niego wszystkie stoły konstrukcji wsporczych oraz zaciski ochronne PE inwerterów. Dodatkowo zaciski PE inwerterów należy podłączyć do szyny ochronnej PE w rozdzielnicy RGF wykorzystując w tym celu taśmę Fe/Zn 30x4 mm.

## **5.5 Ochrona przed przepięciami**

Ochronę przed przepięciami spowodowanymi wyładowaniami atmosferycznymi stanowić będą uziemione połączenia wyrównawcze wszystkich dostępnych elementów farmy oraz ograniczniki przepięć. Zabezpieczenia przepięciowe inwerterów zainstalowane zostaną w rozdzielnicach RPV. Dodatkowo inwertery wyposażone będą fabrycznie w ograniczniki przepięć DC typu II. Wartość rezystancji uziemienia systemu ochrony przeciw wyładowaniom atmosferycznym nie może być wyższa niż 10  $\Omega$  (Ohm). Wszystkie prace należy wykonać zgodnie z wymaganiami normy PN -71/E-97053, 79/H-97070, 93/E - 04500 oraz N SEP - E - 001. Konstrukcje winny być zabezpieczone antykorozyjnie.

## 6 SYMULACJA WIELKOŚCI PRODUKCJI ENERGII ELEKTRYCZNEJ Z INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ



## 7 POMIARY

Po dokonaniu prac montażowych przed uruchomieniem urządzeń należy wykonać pomiary:

- Stanu izolacji kabli zasilających,
- Rezystancji uziemienia,
- Inne wymagane przepisami badania i pomiary.

## 8 UWAGI

Całość prac powinna być wykonana przez osoby mające uprawnienia w zakresie prowadzenia prac przy instalacjach elektrycznych dla instalacji niskiego napięcia. Prace



należy prowadzić zgodnie z obowiązującymi normami i przepisami oraz wytycznymi producentów instalowanych urządzeń. Wszystkie urządzenia i materiały użyte do realizacji projektowanych instalacji muszą być zgodne z obowiązującymi w Polsce normami i przepisami oraz posiadać odpowiednie certyfikaty, atesty i dopuszczenia. Wszelkie odstępstwa od wytycznych zawartych w projekcie należy pisemnie zgłosić celem uzyskania akceptacji.

Przewody oraz zabezpieczenia w części DC systemu PV należy dobierać z katalogu zastosowanego producenta systemów fotowoltaicznych. Zasady ich doboru dotyczą doboru przekroju na długotrwałą obciążalność prądową oraz przeciążalność i podlegają sprawdzeniu z warunku spadku napięcia zgodnie z ogólnymi zasadami stosowanymi w praktyce projektowej.

Przewody i zabezpieczenia po stronie AC należy dobierać zgodnie z powszechnie akceptowalnymi zasadami, a za podstawę ich doboru należy przyjąć wytyczne producentów urządzeń określonych w kartach katalogowych.

Należy przewidzieć konieczność podłączenia rozdzielni dla pomp ciepła po uzgodnieniu technicznym z wykonawcą pomp ciepła. Dokumentacja projektowa dotycząca pomp ciepła znajduje się w oddzielnym opracowaniu.

## **9 SPIS RYSUNKÓW**

Rys. nr E-01. Mapa sytuacyjna – lokalizacja instalacji fotowoltaicznej

Rys. nr E-02. Schemat elektryczny DC inwerter 1 – 40,0 kW

Rys. nr E-03. Schemat elektryczny DC inwerter 2 – 40,0 kW

Rys. nr E-04. Schemat elektryczny DC inwerter 3 – 40,0 kW

Rys. nr E-05. Schemat elektryczny RGF –120,0 kW

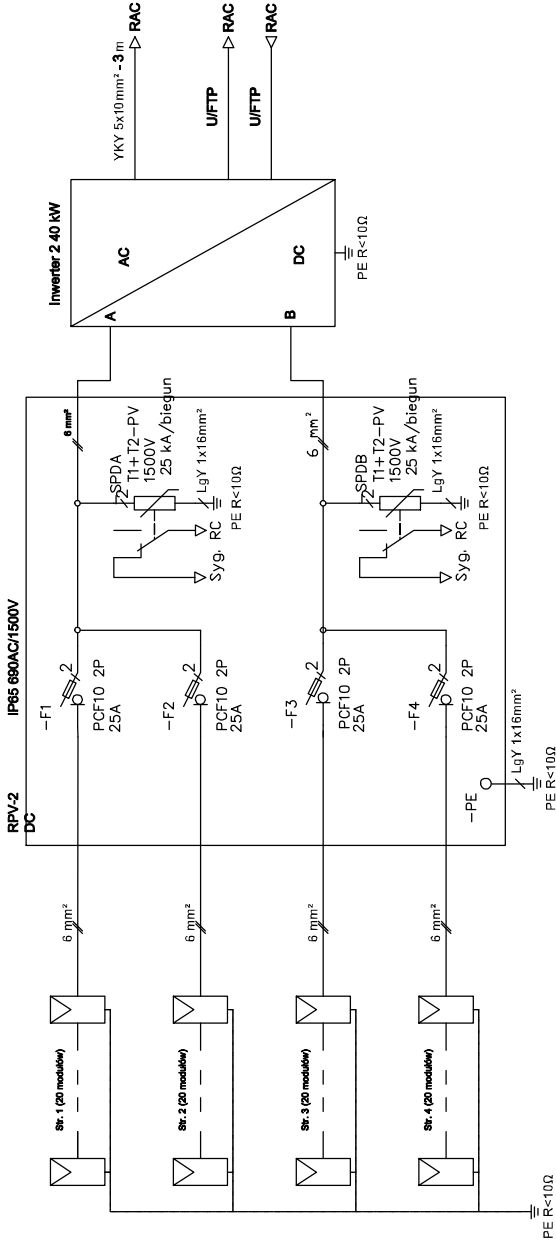
Rys. nr E-06. Konstrukcja wsporcza paneli fotowoltaicznych - stół dwupodporowy wbijany w grunt



LEGENDA:  
RG - istniejąca rozdzielnica główna  
RGFC - projektowana rozdzielnica pomp ciepła  
RGFV - projektowana rozdzielnica instalacji fotowoltaicznej  
RAC - projektowana rozdzielnica AC

APROTECH APT		AUTOMATYZACJA I SYSTEMY TECHNICZNE		P.L.	
STADIUM PROJEKTOWANIA		BUDOWA		ELEKTROINSTALACJA	
Obiekt	PROJEKTOWANIE I WYKONANIE	1000		1000	
Tytuł	PROJEKTOWANIE I WYKONANIE	1000		1000	
INWESTOR	STANOWISKO PROJEKTOWANIE I WYKONANIE	1000		1000	
ADRES	ul. ...	1000		1000	
Opis	ul. ...	1000		1000	
Projektant	ul. ...	1000		1000	
Wzrost	ul. ...	1000		1000	
E-01					



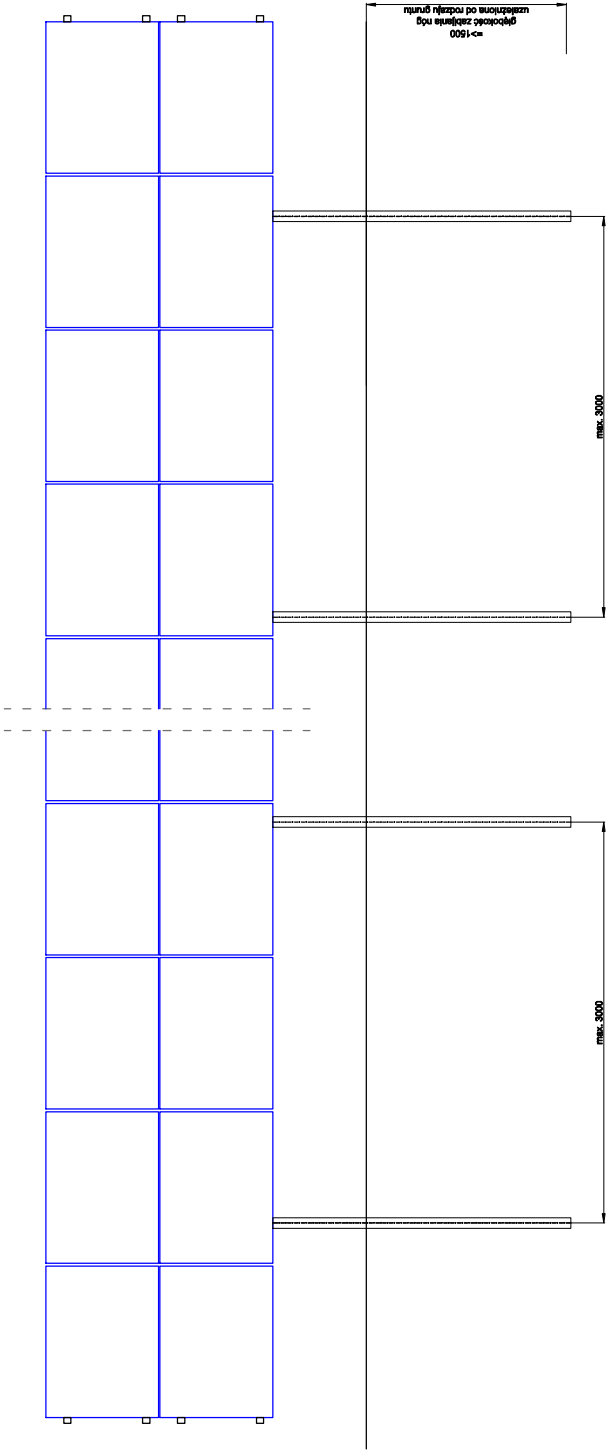


PE - Uziemienie instalacji połączone z konstrukcją  
słupa R<10Ω  
Syg.RC - Sygnał zadziałania ochronnika SPD połączony z  
inwerterem

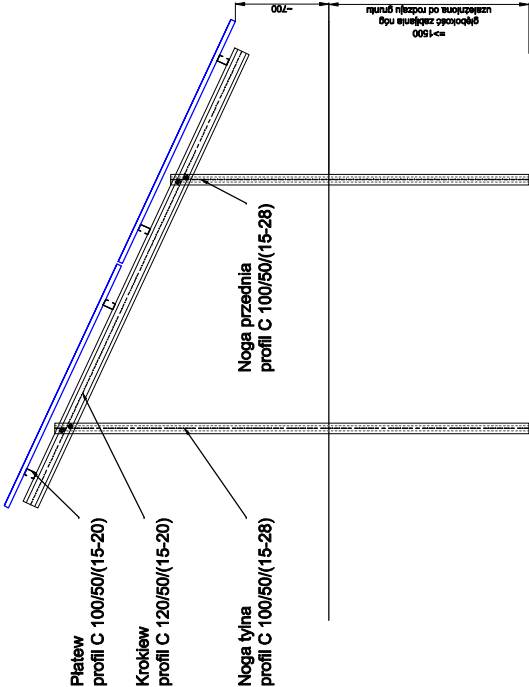
<div><div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div><div><div>APROTECH</div><div>AUTOMATYZACJA PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH</div><div>APT</div><div>.PL</div></div></div>		Stadium	PROJEKT TECHNICZNY	Branża	ELEKTRYCZNA
Obiekt			POKZIU CHODECZ ul. Włodawska 7a 87-860 Chodecz		DT NR
Treść Opisania			BUDOWA INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ		Data 19.08.2024
INWESTOR			STAROSTWO POWIATOWE WE WŁOCLAWKU ul. Cyganka 28		Skala -
ADRES			87-800 Włocławek		Nr rys. E-03
Opisano			inż. Bogusz Leszczyc-Grabianka		
Projektant			mgr inż. Andrzej Stefański		
Nr uprawnień			UPR. PROJ. ABIT-II-7342-46/89 W SPEC. INSTALACJE ELEKTRYCZNE		



WIDOK Z PRZODU



WIDOK BOCZNY



<div><div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div><div><div>APROTECH</div><div>AUTOMATYZACJA PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH</div></div><div><div>APT</div><div>.PL</div></div></div>					Stadium		PROJEKT TECHNICZNY	Branża	ELEKTRYCZNA
Obiekt	PKCZIU CHODECZ ul. Włodawska 7a 87-860 Chodecz				DT NR				
Treść Opis	BUDOWA INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ				Data 19.08.2024				
INWESTOR	STAROSTWO POWIATOWE WE WŁOCŁAWKU ul. Cyganka 28 87-800 Włocławek				Skala -				
ADRES					Nr rys. B-01				
Opis	inż. Bogusław Leszczyński-Grabianka								
Projektant	mgr inż. Andrzej Stefański								
Nr uprawnień	UPR. PROJ. ABIT-II-7342-46/99 W SPEC. INSTALACJE ELEKTRYCZNE								