

## 2. Spis zawartości

1.	Strona tytułowa	
2.	Spis zawartości	
3.	Opis techniczny instalacja fotowoltaiczna	
3.1.	Przedmiot opracowania	
3.2.	Podstawa opracowania	
3.3.	Zakres opracowania	
3.4.	Sposób wpięcia projektowanej instalacji do sieci elektroenergetycznej	
3.5.	Ochrona przeciwporażeniowa	
3.6.	Ochrona przeciwprzepięciowa	
3.7.	Falownik	
3.8.	Moduły PV	
3.9.	Sposób wykonania instalacji	
3.10.	Komunikacja	
4.	Opis techniczny zasilanie klimatyzacji	
4.1.	Zasilanie	
5.	Obliczenia techniczne	
5.1.	Obliczenia skrajnych napięć generatora PV	
5.2.	Obliczenia ilości modułów PV w łańcuchu	
5.3.	Obliczenia doboru przewodów po stronie DC	
5.4.	Obliczenia doboru przewodów po stronie AC	
5.5.	Obliczenia zabezpieczeń po stronie DC	
5.6.	Obliczenia zabezpieczeń po stronie AC	
5.7.	Obliczenia zabezpieczeń zasilania klimatyzacji	
5.8.	Tabela 1, obliczenia uzysku energetycznego	
6.	Część rysunkowa:	
	• Rzut dachu, rozmieszczenie paneli PV	IE-1
	• Rzuty budynku, elementy instalacji PV	IE-2
	• Przekrój budynku, sposób montażu paneli PV	IE-3
	• Schemat ideowy instalacji PV	IE-4
	• Schemat rozbudowy rozdzielnic RG	IE-5

### **3. Opis techniczny instalacja fotowoltaiczna**

#### **3.1. Przedmiot opracowania**

Przedmiotem opracowania jest projekt instalacji fotowoltaicznej o mocy 9,86kWp mającej być zainstalowaną na dachu budynku Szkoły Podstawowej w miejscowości Kocudza Pierwsza 29. Inwestorem jest Gmina Dzwola, Dzwola 168, 23-304 Dzwola.

#### **3.2. Podstawa opracowania**

Podstawę do podjęcia projektu są:

- umowa z Inwestorem,
- raport energochłonności,
- wizja lokalna,
- podkłady architektoniczne,
- projekt istniejącej instalacji elektrycznej,
- aktualne warunki przyłączeniowe,
- posiadana wiedza i doświadczenie,
- przepisy PB, rozporządzenia oraz obowiązujące normy branżowe.

#### **3.3. Zakres opracowania**

Opracowanie obejmuje swym zakresem:

- sposób wpięcia projektowanej instalacji do sieci elektroenergetycznej,
- ochronę przeciwporażeniową,
- ochronę przeciwprzepięciową,
- dobór falownika,
- dobór paneli PV,
- sposób wykonania instalacji,
- uwagi końcowe.

#### **3.4. Sposób wpięcia projektowanej instalacji do sieci elektroenergetycznej**

W celu wpięcia projektowanej instalacji do wewnętrznej instalacji elektrycznej należy istniejącą tablicę elektryczną rozbudować o dodatkowy odpływ. W tym celu w miejscu istniejącej rezerwy należy zainstalować wyłącznik nadmiarowo prądowy z członem różnicowo prądowym C25/4/30mA-AC. Z tak wykonanego odpływu należy wyprowadzić linię, przewodem typu: N2XH 5x6 i wprowadzić ją do projektowanej tablicy TPV. Linię należy prowadzić w miarę możliwości po istniejących trasach, podtynkowo lub natynkowo w listwach instalacyjnych PCV, w przestrzeni między stropem a sufitem. Wybierając trasę należy zwrócić uwagę by jak najmniej kolidowała ona z już istniejącymi instalacjami. Wszystkie prace monterskie należy przed ich wykonaniem uzgodnić z użytkownikami budynku, na którym ma być zainstalowana instalacja PV. Projektowany przewód należy odpowiednio opisać i oznaczyć.

#### **3.5. Ochrona przeciwporażeniowa**

Dla zapewnienia odpowiedniej ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym projektuje się zastosowanie falownika w II kl. izolacji. Należy również zastosować w II kl. ochrony, obudowę tablicy TPV oraz obudowę z rozłącznikami po stronie DC. Jako uzupełnienie ochrony zastosowano wyłącznik nadmiarowo prądowy z członem różnicowo prądowym o prądzie  $I_{\Delta n}=30\text{mA-AC}$ . Projektuje się również wszystkie elementy metalowe konstrukcji wsporczej do montażu paneli PV objąć instalacją połączeń wyrównawczych. Instalację tą należy wykonać przewodem Cu o minimalnym przekroju  $10\text{mm}^2$ . Projektowaną instalację należy połączyć z istniejącą instalacją połączeń wyrównawczych. Wartość rezystancji uziemienia powinna spełniać warunek  $R_u \leq 10\Omega$ . Należy zastosować indywidualne optymalizatory dla każdego z paneli PV.

#### **3.6. Ochrona przeciwprzepięciowa**

Dla zapewnienia odpowiedniej ochrony przeciwprzepięciowej projektuje się zastosowanie ochronników przeciwprzepięciowych kl. C,  $U=1000\text{V}$  dla strony DC, oraz kl. C po stronie AC. Miejsce wpięcia w instalację przedstawiono na schemacie. Montaż ochronników należy wykonać zgodnie z zaleceniami producenta. Przy montażu ochronników należy zwrócić uwagę by wartość rezystancji przewodu uziemiającego ochronniki była jak najmniejsza. Obudowy ochronników oraz miejsca montażu należy tak dobrać by zminimalizować możliwość wystąpienia pożaru oraz umożliwiać łatwy dostęp w celu wykonywania prac kontrolnych.

#### **3.7. Falownik**

Projektuje się falownik o mocy 9,0kW o danych technicznych:

Tabela 1. Dane techniczne projektowanego falownika

Lp.	Parametr	Wartość
1	Maksymalna moc DC przy $\cos\phi=1$ :	9 225W
2	Maksymalne napięcie wejściowe:	1 000V
3	Zakres napięcia MPP:	370V...800V
4	Znamionowe napięcie wejściowe:	580V
5	Minimalne napięcie wejściowe:	150V
6	Początkowe napięcie wejściowe:	188V
7	Maksymalny prąd wejściowy, wejście A:	15A
8	Maksymalny prąd wejściowy, wejście B:	10A
9	Maksymalny prąd wejściowy w ciągu ogniw fotowoltaicznych, wejście A:	15A
10	Maksymalny prąd wejściowy w ciągu ogniw fotowoltaicznych, wejście B:	10A
11	Maksymalny prąd zwarcia na wejściu A:	22,5A
12	Maksymalny prąd zwarcia na wejściu A:	15A
13	Ilość niezależnych wejść MPP:	2
14	Ilość ciągów ogniw fotowoltaicznych na jednym wejściu MPP:	2
15	Moc znamionowa przy 230V, 50Hz:	9 000W
16	Maksymalny współczynnik mocy AC przy $\cos\phi=1$ :	9 000VA
17	Znamionowe napięcie sieci:	~3/N/PE, 230V/400V
18	Zakres napięć AC:	160V...280V
19	Prąd znamionowy AC przy 220V:	13,1A
20	Prąd znamionowy AC przy 230V:	13,1A
21	Prąd znamionowy AC przy 240V:	12,5A
22	Maksymalny prąd wyjściowy:	13,1A
23	Współczynnik zniekształceń nieliniowych prądu wyjściowego przy współczynniku zniekształceń nieliniowych napięcia AC<2% i mocy AC>50% mocy znamionowej:	≤3%
24	Maksymalny prąd wyjścia przy usterce:	22A
25	Znamionowa częstotliwość sieci:	50Hz
26	Częstotliwość sieci AC:	50Hz/60Hz
27	Zakres roboczy przy częstotliwości sieciowej 50Hz:	45,5Hz...54,5Hz
28	Zakres roboczy przy częstotliwości sieciowej AC 60Hz:	55,5...64,5Hz
29	Regulowany współczynnik przesuwu fazowego $\cos\phi$	0,8poj. ...1... 0,8ind.
30	Liczba faz zasilających:	3
31	Liczba faz podłączeniowych:	3
32	Kategoria przepięciowa wg IEC 60664-1:	III
33	Maksymalna sprawność	98%
34	Europejski stopień sprawności:	97,5%

Dla uzyskania zakładanej mocy projektuje się 1szt.

### 3.8. Moduły PV

Projektuje się panele polikrystaliczne typu: 290Wp o danych technicznych:

Tabela 2. Dane techniczne projektowanych paneli PV

Lp.	Parametr (w warunkach STC)	Wartość
1	Moc maksymalna $P_{max}$ :	290Wp
2	Napięcie obwodu otwartego $U_{OC}$ :	39,3V
3	Natężenie prądu w zwarcu $I_{SC}$ :	9,8A
4	Napięcie w punkcie maksymalnej mocy $U_{mpp}$ :	31,3V
5	Natężenie prądu w punkcie maksymalnej mocy $I_{mpp}$ :	9,25A
6	Wydajność modułu, sprawność:	17,6
	<b>Parametr (w warunkach NOCT)</b>	<b>Wartość</b>
7	Moc maksymalna $P_{max}$ :	212Wp
8	Napięcie obwodu otwartego $U_{OC}$ :	36,2V
9	Natężenie prądu w zwarcu $I_{SC}$ :	7,93A
10	Napięcie w punkcie maksymalnej mocy $U_{mpp}$ :	28,4V
11	Wydajność modułu, sprawność:	16,1
12		
13	Maksymalne napięcie systemu:	1000V
14	Ochrona przed przepięciami:	20A
15	Zakres temperatury:	Od -40°C do +85°C
16	Maksymalne obciążenie mechaniczne:	2400Pa
17	Długość:	1660mm
18	Szerokość:	990mm
19	Głębokość:	50mm
20	Masa:	20kg
21	$P_{max}$ :	-0,40%/°C
22	$U_{OC}$ :	-0,29%/°C
23	$I_{SC}$ :	0,05%/°C

Dla uzyskania zakładanej mocy projektuje się 34szt. Każdy panel należy wyposażyć w indywidualny optymalizator.

### 3.9. Sposób wykonania instalacji

Panele PV na dachu należy instalować na dedykowanych stelażach. Panele w miarę możliwości powinny być skierowane ku południu pod kątem zbliżonym do 35°, (wartość zalecana). Całą instalację elektryczną paneli należy wykonać dedykowanymi przewodami typu odpornego na UV Cu 6mm<sup>2</sup>. Przewody należy układać tak by nie były narażone na uszkodzenia mechaniczne. Panele należy tak rozlokować na płaszczyźnie dachu, by unikać zacienień. Przewody do budynku należy wprowadzać za pomocą dedykowanych przepustów wodoszczelnych. Miejsce montażu falownika i tablic należy dobrać tak by zapewnić łatwy dostęp do prowadzenia prac kontrolnych.

### 3.10. Komunikacja (opcja)

Sterownik systemu fotowoltaicznego: Urządzenie monitoruje pracę systemu, umożliwia programowanie parametrów pracy i steruje procesem.

Moduł komunikacyjny: Jest to sterownik mikroprocesorowy wyposażony w modem GSM. Urządzenie pobiera przez łącze RS485 dane ze sterownika fotowoltaicznego oraz w określonych odstępach czasu łączy się z serwerem bazy danych i tam przekazuje dane. Moduł posiada gniazdo na kartę SIM oraz układ podtrzymania parametrów po zaniku zasilania. Parametry układu można edytować lokalnie lub zdalnie za pośrednictwem serwera bazy danych. Synchronizacja parametrów odbywa się przy każdym połączeniu z serwerem.

Serwer bazy danych: W bazie danych gromadzone są pomiary parametrów pracy wszystkich systemów w monitorowanej grupie. Serwer pełni rolę pośrednika pomiędzy automatyką sterowania, a użytkownikiem nadzorującym pracę grupy systemów fotowoltaicznych.

Serwer WWW (strona internetowa): Umożliwia dostęp do bazy danych, wizualizację parametrów pracy oraz generowanie statystyk pracy grupy systemów fotowoltaicznych.

Odczyt z falownika: Moduł komunikacyjny odczytuje parametry pracy sterownika i zapisuje w swojej pamięci. Jeśli sterownik fotowoltaiczny jest nieaktywny (brak komunikacji) moduł zapisuje to zdarzenie w pamięci dodając znacznik czasu. Częstotliwość odczytywania danych jest określona parametrem w module komunikacyjnym.

Wysyłanie danych do serwera: Kolejowane w pamięci sterownika dane wysyłane są do serwera, co zadany odstęp czasu, który ustawiany jest w parametrach urządzenia. Domyślnie jest to wartość 10 minut. Moduł przed wysłaniem danych odlicza opóźnienie, które jest zależne do numeru IMEI modemu. Mechanizm ten zapobiega przeciążeniu serwera mogącym nastąpić przy jednoczesnej próbie połączenia się wielu modułów. Przy wysyłaniu danych wykonywana jest synchronizacja parametrów ustawionych na serwerze z parametrami w sterowniku. W sytuacji konfliktu (jednoczesna zmiana parametru na serwerze i w sterowniku) priorytet posiada serwer. Oznacza to że dane w module zostaną zastąpione danymi z serwera. W sytuacji braku możliwości połączenia się z serwerem, moduł kolejkuje w swojej pamięci dane przeznaczone do wysłania. Po nawiązaniu połączenia wszystkie zaległe komunikaty są wysłane w jednej sesji. Każdy komunikat posiada znacznik czasu, dzięki temu czas pomiaru na serwerze jest czasem rzeczywistym a nie czasem wgrania komunikatu do bazy.

Wykorzystanie danych z serwera: Do zarządzania danymi zgromadzonych na serwerze służy serwis internetowy w postaci specjalnej strony www. Dostęp do serwisu jest zabezpieczony systemem użytkowników i haseł. Użytkownicy mogą posiadać różne uprawnienia. Po zalogowaniu się na stronie można zarządzać danymi. Na mapie wyświetlone są lokalizacje monitorowanych systemów fotowoltaicznych a po kliknięciu w link można zobaczyć szczegóły każdego systemu. Dane dostępne są również w formie tabelarycznej z bardzo szerokimi możliwościami filtrowania. Filtrowane dane można wykreślać na wykresach oraz raportować.

## 4. Obliczenia techniczne

### 4.1. Obliczenia skrajnych napięć generatora PV

Zmiana napięcia na 1°C –  $\Delta V[V/^{\circ}C]$

$$\Delta V = \beta \cdot V_{OC} = 0,0029 \cdot 39,3V = 0,114[V/^{\circ}C]$$

Napięcie obwodu otwartego w ekstremalnie niskich temperaturach (–25°C)  $V_{OC-25}$ :

$$V_{OC-25} = V_{OC} + (\Delta V \cdot VT_{od-25 \text{ do } +25}) = 39,3V + [0,114 V/^{\circ}C \cdot (25^{\circ}C + 25^{\circ}C)] = 39,3V + 5,7V = 45,0V$$

Napięcie w punkcie mocy maksymalnej w niskich temperaturach (–5°C)  $V_{mpp-5}$ :

$$V_{mpp-5} = V_{mpp} + (\Delta V \cdot VT_{od-5 \text{ do } +25}) = 31,3V + [0,114 V/^{\circ}C \cdot (25^{\circ}C + 5^{\circ}C)] = 31,3V + 3,42V = 34,72V$$

Napięcie w punkcie mocy maksymalnej w wysokich temperaturach (+70°C)  $V_{mpp+70}$ :

$$V_{OC+70} = V_{mpp} - (\Delta V \cdot VT_{od+25 \text{ do } +70}) = 31,3V - [0,114 V/^{\circ}C \cdot (70^{\circ}C - 25^{\circ}C)] = 31,3V - 5,13V = 26,17V$$

Maksymalny możliwy prąd zwarcia  $I_{SC \max}$ :

$$I_{SC\ max} = I_{SC} \cdot 1,15 = 9,25A \cdot 1,15 = 10,63A$$

#### 4.2. Obliczenia ilości modułów PV w łańcuchu

Maksymalna liczba modułów łączonych szeregowo =  $U_{\max}/V_{OC-25} = 1000V/45,0V = 22\text{szt.}$   
lub

Maksymalna liczba modułów łączonych szeregowo =  $U_{mppt\ max}/V_{mpp-5} = 800V/34,72V = 23\text{szt.}$

Minimalna liczba modułów łączonych szeregowo =  $U_{mppt\ min}/V_{mpp+70} = 290V/26,17V = 11\text{szt.}$

Z analizy struktury projektowanego układu należy zastosować 34szt. paneli PV oraz 1szt. falownika, który mają 2 MPPTtrakery. Wszystkie panele należy połączyć w 2 pętle i podłączyć do dwóch MPPTtrakera po 17szt. Rozwiązanie projektowo potwierdzono również przeprowadzonymi powyżej obliczeniami, z których wynika, że maksymalna ilość połączonych szeregowo paneli przyłączonych do jednego MPPT wynosi 22szt.

#### 4.3. Obliczenia doboru przewodów po stronie DC

Obliczenia minimalnego wymaganego przekroju przewodu solarnego:

$$S_{Cu} = \frac{I \cdot l}{U \cdot k \cdot 0,01} = \frac{11,63A \cdot 20m}{451,36V \cdot 57 \cdot 0,01} = 0,9mm^2$$

Obwody DC projektuje się wykonać przewodem typu: Cu 6mm<sup>2</sup>

Obliczenia straty mocy na przewodach:

$$\Delta P_{\%} = \frac{I \cdot l}{U \cdot k \cdot S_{Cu}} \cdot 100\% = \frac{11,63 \cdot 20m}{451,36V \cdot 57 \cdot 6mm^2} \cdot 100\% = 0,15\%$$

Obliczenia spadków napięcia:

$$\Delta U = \frac{I \cdot l}{S \cdot k} = \frac{11,63A \cdot 20m}{6mm^2 \cdot 57} = 0,68V$$

#### 4.4. Obliczenia doboru przewodów po stronie AC

Obliczenia minimalnego wymaganego przekroju przewodu zasilającego:

$$S_{Cu} = \frac{P \cdot l}{U_n^2 \cdot k \cdot 0,01} = \frac{9\ 000 \cdot 20m}{400V^2 \cdot 57 \cdot 0,01} = 1,9mm^2$$

#### 4.5. Obliczenia zabezpieczeń po stronie DC

Brak konieczności stosowania.

#### 4.6. Obliczenia zabezpieczeń po stronie AC

Obliczenia prądu znamionowego pojedynczego falownika:

$$I_B = \frac{P}{U \cdot \cos\varphi} = \frac{9\ 000W}{1,73 \cdot 400V \cdot 1} = 13,1A$$

Dobiera się zabezpieczenie C25A.

Obliczenia zabezpieczeń falownika:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$14,4A \leq 25A \leq 45A$$

$$I_n \cdot k \leq 1,45 \cdot I_Z$$

$$25A \cdot 1,45 = 36,25A \leq 1,45 \cdot 45A = 65,25A$$

Dobrano przewód typu N2XH 5x6, I<sub>Z</sub>=45A

### 5. Część rysunkowa:

- |  |      |
|--|------|
| • Rzut dachu, rozmieszczenie paneli PV       | IE-1 |
| • Rzuty budynku, elementy instalacji PV      | IE-2 |
| • Przekrój budynku, sposób montażu paneli PV | IE-3 |
| • Schemat ideowy instalacji PV               | IE-4 |
| • Schemat rozbudowy rozdzielnic RG           | IE-5 |