

**INSTALACJA FOTOWOLTAICZNA O MOCY 49,9 kW<sub>p</sub> NA DACHU  
BUDYNKU PSP W MIELCU UL. SIENKIEWICZA 54**

## SPIS ZAWARTOŚCI:

### CZĘŚĆ OPISOWA

1. Podstawa opracowania i wykaz dokumentów formalno-prawnych - str.3.
2. Przedmiot opracowania - str.3.
3. Przeznaczenie i parametry instalacji fotowoltaicznej
4. Terminy i definicje z zakresu fotowoltaiki,
5. Moduły fotowoltaiczne
6. Falownik fotowoltaiczny
7. Okablowanie po stronie DC.
8. Okablowanie po stronie AC.
9. Pożarowe wyłączniki prądu PWP-F
10. Instalacja odgromowa
11. Ochrona od porażeń prądem elektrycznym.
12. Uwagi końcowe

### CZĘŚĆ RYSUNKOWA

- 1.E/F. Plan rozmieszczenia paneli fotowoltaiki – rzut dachu - skala 1:100
- 2.E/F. Schemat ideowy instalacji fotowoltaicznej
- 3.E/F. Plan rozmieszczenia paneli fotowoltaiki i instalacji  
piorunochronnej – rzut dachu - skala 1:100

## **PODSTAWA OPRACOWANIA I WYKAZ DOKUMENTÓW FORMALNO-PRAWNYCH**

Opracowanie niniejsze sporządzono w oparciu o:

1. Zlecenie inwestora;
2. Wizję lokalną;
3. Ustalenia międzybranżowe;
4. Ustalenia z przedstawicielami inwestora;
5. Ustawę z dnia 7 lipca 1994 r. - Prawo budowlane (z późniejszymi zmianami);
6. Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. - Prawo energetyczne (z późniejszymi zmianami);
7. Ustawa z dnia 16 lipca 2004 r. - Prawo telekomunikacyjne (z późniejszymi zmianami);
8. Ustawa z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności (z późniejszymi zmianami);
9. Ustawa z dnia 12 września 2002 r. o normalizacji (z późniejszymi zmianami);
10. Ustawa z dnia 13 kwietnia 2007 r. o kompatybilności elektromagnetycznej (z późniejszymi zmianami);
11. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (z późniejszymi zmianami);
12. Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych;
13. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 4 maja 2007 r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego;
14. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów;
15. Rozporządzenie Ministra Łączności z dnia 21 kwietnia 1995 r. w sprawie warunków technicznych zasilania energią elektryczną obiektów budowlanych łączności;
16. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 24 lipca 2009 r. w sprawie przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę oraz dróg pożarowych;
17. Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego;
18. Obwieszczenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 10 maja 2013 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie szczegółowego zakresu i formy dokumentacji projektowej, specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych oraz programu funkcjonalno-użytkowego;
19. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 26 kwietnia 2013 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać sieci gazowe i ich usytuowanie;
20. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/35/UE z dnia 26 lutego 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstwa państw członkowskich odnoszących się do udostępniania na rynku sprzętu elektrycznego przewidzianego do stosowania w określonych granicach napięcia;
21. Rozporządzenie Komisji (UE) Nr 548/2014 z dnia 21 maja 2014 r. w sprawie wykonania dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/125/WE w odniesieniu do transformatorów elektroenergetycznych małej, średniej i dużej mocy (z późniejszymi zmianami).
22. POLSKIE NORMY

## **2. PRZEDMIOT OPRACOWANIA**

Przedmiotem projektu technicznego jest budowa instalacji fotowoltaicznej o mocy 49920 Wp na dachu rozbudowywanego i przebudowywanego budynku PSP w Mielcu ul. Sienkiewicza 54

## **3. PRZEZNACZENIE I PARAMETRY INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ**

Podstawową funkcją instalacji fotowoltaicznej jest pozyskanie energii elektrycznej z odnawialnego źródła energii (OZE), jakim jest promieniowanie słoneczne i po jej przekształceniu przesłanie do istniejącej instalacji elektrycznej obiektu budowlanego.

Poniżej przedstawiono podstawowe parametry techniczne i właściwości instalacji:

1. Liczba modułów fotowoltaicznych: 96;
2. Moc znamionowa pojedynczego modułu: 520 Wp;
3. Moc zainstalowana modułów fotowoltaicznych: 49920Wp;
4. Liczba falowników PV: 1;
5. Napięcie pracy instalacji elektrycznej w miejscu przyłączenia instalacji PV: 0,4 kV.

#### 4. TERMINY I DEFINICJE Z ZAKRESU FOTOWOLTAIKI

Poniżej przedstawiono podstawowe pojęcia związane ze systemem fotowoltaicznym:

**PV** – fotowoltaiczny;

**Ogniwo PV** – najmniejszy element systemu PV, który wytwarza energię elektryczną w warunkach ekspozycji na światło takie jak promieniowanie słoneczne;

**Moduł PV** – najmniejszy, w pełni chroniony przed wpływami środowiska zespół połączonych ze sobą ogniw PV;

**Łącuch PV** – obwód jednego modułu lub większej liczby szeregowo połączonych modułów;

**Panel PV** – zespół elektrycznie połączonych modułów PV, łańcuchów PV, podtablic PV i skrzynek połączeniowych paneli PV;

**Źródło PV** – panel PV łącznie z falownikiem i obwodem a.c. zasilania PV;

**Falownik PV** – urządzenie, które przetwarza napięcie d.c i prąd d.c. panelu PV w napięcie a.c. i prąd a.c.;

**Normalne warunki pracy (STC)** – warunki pracy, wyszczególnione w EN 60904-3, dla ogniw i modułów PV;

**Napięcie obwodu otwartego w normatywnych warunkach probierczych ( $U_{OC\ STC}$ )** – napięcie w normatywnych warunkach probierczych na nieobciążonym (otwartym) module PV, łańcuchu PV, panelu PV i podpanelu PV;

**Maksymalne napięcie obwodu otwartego ( $U_{OC\ MAX}$ )** – maksymalne napięcie na nieobciążonym (otwartym) module PV, łańcuchu PV, panelu PV, podpanelu PV;

**Prąd zwarcia w normatywnych warunkach pracy ( $I_{SC\ STC}$ )** – prąd zwarcia w normatywnych warunkach probierczych modułu PV, łańcucha PV, popanelu PV, panelu PV;

**Maksymalny prąd zwarcia ( $I_{SC\ MAX}$ )** – maksymalny prąd zwarcia modułu PV, łańcucha PV, panelu PV;

**Szacowany prąd zwarcia SPD ( $I_{SC\ PV}$ )** – spodziewany maksymalny prąd zwarcia źródła PV;

**Strona d.c.** – część instalacji PV od modułów PV do zacisków d.c. falownika PV;

**Strona a.c.** – część instalacji PV od zacisków a.c. falownika PV do punktu przyłączeniowego przewodu zasilania PV z instalacją elektryczną;

**Śledzenie punktu maksymalnej mocy (MPPT)** – wewnętrzna metoda sterowania falownika zapewniająca znalezienie punktu pracy przy maksymalnej mocy.

#### 5. MODUŁY FOTOWOLTAICZNE

Podstawowym elementem wchodzącym w skład instalacji jest pojedynczy moduł fotowoltaiczny, którego zadaniem jest przekształcenie energii promieniowania słonecznego na energię elektryczną, poniżej przedstawiono podstawowe parametry techniczne urządzenia:

1. Rodzaj ogniw: monokrystaliczne;

typ. JAM 72S30 520

Moc maksymalna, znamionowa ( $P_{max}$ ) [W] - 520

Napięcie jałowe ( $V_{oc}$ ) [V] - 49,41

Maksymalne napięcie zasilania $V_{mp}$ [V]	-41,24
Prąd zwarcia $I_{sc}$ [A]	-13,38
Maksymalny pobór prądu ( $I_{mp}$ ) [A]	-12,61
sprawność modułu [%]	-20,1
Tolerancja mocy	-0~5W
Współczynnik temperaturowy $I_{sc}(a_{I_{sc}})$	- + 0,045%/C
Współczynnik temperaturowy $V_{oc}(a_{V_{oc}})$	- -0.275%/C
Współczynnik temperaturowy $P_{max}(a_{P_{max}})$	- -350%/C

Na potrzeby posadowienia modułów fotowoltaicznych na dachu obiektu przewidziano dedykowane konstrukcje wsporcze zapewniające montaż pod kątem dostosowanym do kąta pochylenia dachu, oraz właściwe przeniesienie obciążeń na układ konstrukcyjny dachu. Poszczególne moduły zostaną połączone w łańcuchy PV metodą szeregową przy zastosowaniu dedykowanego okablowania d.c. oraz złączek w standardzie MC4. Łańcuchy PV złożone z modułów zostaną podłączone do pożarowych wyłączników prądu PWP-F szt.2 (każdy z możliwością podpięcia 4 szt. Stringów) który w wykonaniu IP-67 będzie zamontowany na dachu budynku.

## 6. FALOWNIK FOTOWOLTAICZNY

Falownik PV jest urządzeniem energoelektronicznym beztransfornatorowym przetwarzającym energią prądu stałego wytworzoną przez moduły fotowoltaiczne na energię prądu zmiennego o parametrach przystosowanych do pracy z siecią elektroenergetyczną Zakładu Energetycznego.

Poniżej przedstawiono podstawowe parametry znamionowe zastosowanego urządzenia:

Specyfikacja techniczna

1. Liczba MPPT - 4
2. Liczba wejść DC - 2 dla każdego MPPT
3. Maksymalne napięcie wejściowe - 1100 V
4. Napięcie startowe - 200 V
5. Znamionowe napięcie wejściowe - 620 V
6. Zakres napięcia roboczego MPPT - 180-1000 V
7. Pełna moc zakresu napięcia MPPT - 540-850 V
8. Maksymalny prąd wejściowy MPPT - 40 A / 40 A / 40 A / 40 A
9. Maksymalny prąd zwarcia na MPPT - 50 A / 50 A / 50 A / 50 A
10. Wyjście (AC):
11. Moc znamionowa - 50 000 W
12. Maksymalna moc AC - 55 000 VA
13. Maksymalny prąd wyjściowy - 83,3 A
14. Napięcie nominalne sieci energetycznej - 3/N/PE, 220/380 VAC, 230/400 VAC
15. Zakres napięcia sieci energetycznej - 310-480 VAC (zgodnie z lokalnym standardem)
16. Częstotliwość nominalna - 50/60 Hz
17. Zakres częstotliwości sieci energetycznej - 45-55 Hz / 54-66 Hz (zgodnie z lokalnym standardem)
18. Zakres regulacji mocy czynnej - 0~100%
19. THDi - <3%
20. Wskaźnik mocy - 1 (regulacja +/-0,8)
21. Wydajność:
22. Maksymalna wydajność - 98,8%
23. Europejska efektywność - 98,2%
24. Zużycie własne w nocy - <3 W
25. Wydajność MPPT - >99,9%
26. Zabezpieczenia:
27. Zabezpieczenie przed odwrotną polaryzacją DC - tak
28. Zabezpieczenie przed pracą wyspową - tak

29. Zabezpieczenie przed wpływem prądu - tak
30. Zabezpieczenie przeciwko brakowi uziemienia - tak
31. Monitoring błędów stringów PV - tak
32. Wyłącznik DC - tak
33. Ograniczniki przepięć DC / AC - typ II standardowy / typ II standardowy
34. Komunikacja:
35. Wi-Fi - w standardzie
36. RS485 - w standardzie
37. Bluetooth - w standardzie
38. Ethernet - opcjonalnie
39. Ogólne dane:
40. Zakres temperatury otoczenia -  $-30^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$
41. Topologia - beztransformatowy
42. Stopień ochrony - IP65
- Zakres dopuszczalnej wilgoci - 0~100%

## **7. OKABLOWANIE PO STRONIE DC.**

W celu wykonania wszelkich połączeń obwodów niskiego napięcia po stronie napięcia stałego konieczne jest zastosowanie dedykowanych elastycznych przewodów solarnych o poniższych właściwościach:

1. Przekrój znamionowy: 4 mm<sup>2</sup>;
2. Odporność na promieniowanie UV i ozon;
3. Maksymalne dopuszczalne napięcie pracy d.c.: 0,9/1,8 kV;
4. Zakres temperatur pracy:  $(-40 \div 90)^{\circ}\text{C}$ ;
5. Przewodnik wykonany z miedzi elektrolitycznej, cynowanej (klasa 5);
6. Izolacja typu HEPR 120<sup>o</sup> C, powłoka wykonana ze wzmocnionego etylenu winylu.

Do połączeń poszczególnych fragmentów przewodów solarnych należy wykorzystać dedykowane konektory (złączki) wykonane w standardzie MC4, co pozwala zachować wysoką odporność na trudne warunki atmosferyczne podczas całego okresu użytkowania instalacji fotowoltaicznej.

Okablowanie należy prowadzić:

1. w obszarze elementów wchodzących w skład konstrukcji wsporczej przy zastosowaniu systemowych opasek kablowych odpornych na promieniowanie UV w odległościach nie większych niż 0,5 m;
2. wewnątrz koryta kablowego do zastosowań zewnętrznych (z pokrywą) montowanego na podstawach betonowych o szerokości 100 mm i wysokości 60 mm.

## **8. OKABLOWANIE PO STRONIE AC**

W skład okablowania instalacji fotowoltaicznej po stronie napięcia przemiennego wchodzi linia kablowa o izolacji znamionowej 0,6/1 kV typu YKYżo 5x35mm<sup>2</sup> relacji: istniejąca rozdzielnica RG w holu budynku – zaciski wejściowe strony AC. falownika PV.

## **9. POŻAROWE WYŁĄCZNIKI PRĄDU**

Instalacja fotowoltaiczna będzie wyposażona w system bezpieczeństwa, którego zadaniem jest minimalizacja ewentualnych zagrożeń poprzez zastosowanie wyłączenia falownika i podawanie napięcia generowanego przez panele do instalacji elektrycznej budynku. Wyłączenie falownika następuje poprzez wyłączenie obiektu spod napięcia przy użyciu wyłącznika głównego w rozdzielnicy RG. Dla niedopuszczenia do pojawienia się napięcia stałego rzędu kilkuset woltów w instalacji wewnętrznej budynku projektuje się dwa pożarowe wyłączniki prądu oznaczone jako PWP-F dla wyłączenia napięcia stałego z łańcuchów prądu stałego na dachu budynku. Sterowanie wyłącznikami PWP-F dla fotowoltaiki odbywa się

napięciem 230V AC które jest podawane do tego wyłącznika powodując stan jego otwarcia i dostarczania energii DC do falownika. Wyłączenie sterowania 230V AC powoduje w PWP-E zwieranie styków w obwodzie DC i nie przesyłaniu energii prądu stałego do falownika. Na wypadek pożaru po wyłączenie napięcia z całego obiektu na zasilaniu z sieci ZE oraz pozbawieniu napięcia sterowniczego 230V AC do wyłącznika PWP-F nastąpi odcięcie napięcia stałego przez ten wyłącznik na poziomie dachu.

## 10. INSTALACJA ODGROMOWA

W zakresie rozbudowy instalacji odgromowej na dachu leży:

1. Montaż masztów odgromowych niez izolowanych posadowionych na kalenicy dachu instalowanych do konstrukcji dachu;
2. Montaż zwodów poziomych w postaci fragmentów drutu stalowego ocynkowanego o średnicy 8 mm przy zastosowaniu wsporników dachowych łączących maszty odgromowe do elementów LPS dachu.

## 11. OBLICZENIA

### 11.1 Dobór ilości paneli

$$U_{oc}(T_r) = U_{oc} \cdot \left[ 1 + (T_r - 25) \cdot \frac{\beta_T}{100} \right]$$

$$U_{oc}(-25) = 49,41 \cdot [1 + (-25 - 25) \cdot (-0,275/100)] = 56,2$$

$$n_{\max} = \frac{U_{\max dc}}{U_{oc}(T_{\min})}$$

$$n_{\max} = 1000/56,2 = 17,7$$

dopuszczalna max ilość paneli 18 szt.

$$U_{oc}(70) = 49,41 \cdot [1 + (70 - 25) \cdot (-0,275/100)] = 43,2$$

$$n_{\min} = \frac{U_{dc start}}{U_{oc}(T_{\max})}$$

$$n_{\min} = 200/43,2 = 4,6$$

dopuszczalna min ilość paneli 5 szt.

**Sprawdzamy napięcia dla temp dodatniej w pkt. MPP**

$$U_{MPP(T_{\max})} = U_{MPP} \cdot \left[ 1 - \frac{\beta_T \cdot (T_{\max} - 25)}{100} \right]$$

$$U_{MPP(T_{\max})} = 41,24 \cdot [1 - 0,12375] = 36,1$$

$$n_{\min} \cdot U_{MPP(T_{\max})} \geq U_{dc min}$$

$5 \cdot 36.1 > 200$  warunek nie spełniony więc  $n_{\min} = 6$

$6 \cdot 36.1 > 200$

$216 > 200$

przyjmujemy że na stringu mamy 12 paneli

**Sprawdzamy max ilość paneli ze względu na moc falownika**

$$\frac{P_{GEN}}{P_{INV}} = (0,8 - 1,2)$$

$(520 \cdot 96) / 50000$

$0.99 < 1.2$

obliczamy prąd od zmian temperatura

$$I_{SC}(T_r) = I_{SC} \left[ 1 + (T_r - 25) \frac{\alpha_T}{100} \right]$$

$I_{SC}(-25) = 13.38 \cdot [1 + (-25 - 25) \cdot 0.045 / 100] = 13.07 \text{ A}$

$I_{SC}(70) = 13.38 \cdot [1 + (70 - 25) \cdot 0.045 / 100] = 13.65 \text{ A}$

**Dobór zabezpieczenia w stringu**

$1.4 I_{SC} < I_{NG} < 2.4 \cdot I_{SC}$

**$1.4 \cdot 13.38 < 20 < 32.1$**

$U_n > 1.2 \cdot U_{OC}(-25) \cdot n$

$1000 > 1.2 \cdot 56.2 \cdot 12$

$1000 > 809.2$

**Dobrano wkładki gG-20A 1000V DC**

**Sprawdzamy na zabezpieczenie MPP 2 stringami**

$1.6 \cdot I_{NG} < I_{NG}$

$1.6 \cdot 20 < 40$

$32 < 40$

**Sprawdzamy spadek napięcia w instalacji DC**

$$\Delta U = \frac{2 \cdot P \cdot l \cdot 100}{\gamma \cdot S \cdot U_{MPP(T_{\max})}^2}$$

$\Delta U = \frac{2 \cdot 6250 \cdot 30 \cdot 100}{55 \cdot 4 \cdot (12 \cdot 43.2)^2} = 0.63 < 1\%$

**Dobór wzl-tu i zabezpieczenia w rozdzielniczy RG zasilającego falownika**

$$I_{obl} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi}$$

$I_{obl} = 76.1 \text{ A}$

Dobrano zabezpieczenie gG-80A kabel YKY 5x35mm<sup>2</sup> o  $I_d = 126 \text{ A}$



$I_o < I_b < I_d$   
 $76.1 < 80A < 126$   
 $I_a < 1.45 \cdot I_d$   
 $1.6 \cdot 80 < 1.45 \cdot 126$   
 $128A < 182A$

## 12. OCHRONA OD PORAŻEN PRĄDEM ELEKTRYCZNYM.

W zastosowanym układzie sieci wszystkie części przewodzące dostępne powinny być przyłączone do uziemionego punktu zasilania (punkt neutralny transformatora) za pomocą przewodu ochronnego. W instalacji dostosowano się do systemu instalacji budynku zastosowano oddzielny przewód neutralny N i oddzielny przewód ochronny PE. W kablach i przewodach kabelkowych przewód ochronny stanowi piątą żyłę lub trzecią w obwodach jednofazowych.

Przewody ochronne należy doprowadzić do zacisków ochronnych gniazd wtykowych, opraw oświetleniowych klasy ochronności I, silników oraz elementów układu termowentylacji i urządzeń technologicznych. Przewody ochronne przyłączać do zacisków ochronnych PE umieszczonych na tablicach odbiorczych i rozdzielniczy głównej

Jako ochronę dodatkową przed dotykiem pośrednim zastosowano:

- szybkie samoczynne wyłączanie zasilania w przypadku przekroczenia wartości napięcia dotykowego bezpiecznego,
- połączenia wyrównawcze.

Samoczynne wyłączenie zasilania powinno nastąpić:

- w umownym czasie nie dłuższym niż 5 sekund w linii zasilającej obiekt oraz w wewnętrznych liniach zasilających,
- w czasie krótszym niż 0,4 sekundy w obwodach odbiorczych, dla pomieszczeń zwykłych,
- w czasie krótszym niż 0,2 sekundy w obwodach odbiorczych, dla pomieszczeń wilgotnych i mokrych.

Szybkie wyłączanie zrealizowano przez zastosowanie:

- bezpieczników topikowych,
- wyłączników instalacyjnych wyposażonych w wyzwalacz elektromagnesowy o charakterystyce B lub C,
- wyłączników ochronnych przeciwporażeniowych o różnicowym prądzie wyzwalającym 30 mA.

Połączenia wyrównawcze są środkiem wspomagającym ochronę przeciwporażeniową, należy wykonać połączenia wyrównawcze. Połączenia główne wykonać w miejscu wprowadzenia rurociągów wody, c.o., z uziomem fundamentowym i z przewodem ochronnym „PE”.

## 13. UWAGI KOŃCOWE

Całość instalacji wykonać zgodnie z PBUE oraz odnośnymi normami, a zwłaszcza normy PN-IEC – 60364 i jej arkuszami, PN-IEC 61024, PN-EN 62305 i jej arkuszami.

**Na uszczegółowienie niektórych rozwiązań wymagane jest wykonanie rysunków wykonawczych które winny być uszczegółowieniem rozwiązań projektu technicznego. Na elementy instalacji gdzie w drodze przetargu wykonawca zastosuje inne rozwiązania lub gdzie nie uszczegółowiono rozwiązań z uwagi na możliwości równoważnych zastosowań należy opracować projekt lub rysunki wykonawcze które powinny uwzględniać założenia niniejszego projektu oraz uszczegółowienie rozwiązań nietypowych i o dużym stopniu skomplikowania.**

Po zakończeniu montażu instalacji należy wykonać następujące pomiary i badania

- pomiary rezystancji izolacji,
- pomiary rezystancji uziomów,
- pomiary pętli zwarcia,
- pomiary skuteczności ochrony przeciwporażeniowej,

pomiary napięć na obwodach i wlv,  
pomiary obciążeń prądem elektrycznym dla przewodów i kabli.  
Próby działania pożarowego wyłącznika prądu dla fotowoltaiki.  
Wyniki pomiarów zaprotokołować. Protokoły z pomiarów i prób przedstawić komisji odbioru obiektu.  
Stosować urządzenia i materiały w I klasie jakości, posiadające wymagane certyfikaty i dopuszczone do stosowania w budownictwie na terenie Polski

**PROJEKTANT**