



Eko-Energia

Piotr Rybak

ul. Mazowiecka 67, 97-216 Czerniewice

NIP: 773-221-70-27 REGON: 360801592

tel.: 537 509 011 www.eko-energia.net

Projekt Koncepcyjny Instalacji Fotowoltaicznej

TEMAT OPRACOWANIA :	Budowa instalacji fotowoltaicznej o mocy 49,50 kW
Nazwa Obiektu:	Oczyszczalnia Ścieków Grabów
ADRES OBIEKTU	Grabów dz. nr 166/6, 167/11, 99-150 Grabów
Działka nr ewid.:	Dz. nr 166/6, 167/11
INWESTOR	Gmina Grabów ul. 1-go maja 21 99-150 Grabów

Projektant:	mgr Piotr Rybak OZE-E/28/000037/16	
Data opracowania:	Marzec 2022	



3. Spis zawartości

1. Strona tytułowa
2. Uprawnienia Projektanta
3. Spis zawartości
4. Opis techniczny
5. Obliczenia techniczne
6. Załączniki
 - E-01 - Schemat strukturalny zasilania
 - K-01 - Posadowienia modułów fotowoltaicznych
 - M-01 - Mapa

4. Opis techniczny

4.1 Podstawa opracowania

- zlecenie Zamawiającego,
- dokumentacja techniczna
- inwentaryzacja obiektu oraz instalacji elektrycznej
- obowiązujące normy, przepisy oraz zasady wiedzy technicznej

4.2 Przedmiot opracowania

Przedmiotem opracowania jest budowa instalacji fotowoltaicznej o mocy 49,50 kWp posadowionej na terenie obiektu Oczyszczalni Ścieków w miejscowości Grabów.

Instalacja fotowoltaiczna zmniejszy zapotrzebowanie na energię elektryczną. Spowoduje to zmniejszenie ilości zanieczyszczeń wprowadzanych do środowiska w relacji przed i po rozpoczęciu eksploatacji nowych urządzeń, będących efektem przeprowadzonych inwestycji. Projekt koncepcyjny został wykonany w celu oszacowania kosztów wykonania instalacji i pozyskania dofinansowania. Przed rozpoczęciem budowy wykonawca obowiązany jest do przygotowania projektu wykonawczego w oparciu o deklarowane urządzenia.

4.3 Stan istniejący

Obiekt Oczyszczalni ścieków przeznaczony jest do oczyszczania ścieków bytowych w gospodarstwach domowych i obiektach przemysłowych w Gminie Grabów.

4.4 Informacje nt. przyłącza

Moc umowna – b.d. [KW]

Grupa taryfowa – C23

4.5 Zakres opracowania

- dobór oraz montaż modułów fotowoltaicznych
- montaż tras kablowych,
- montaż skrzynek przyłączeniowych DC
- montaż skrzynek przyłączeniowych AC
- montaż inwerterów fotowoltaicznych DC/AC
- budowa linii kablowych nN

4.6 Opis rozwiązań

Projektowana instalacja fotowoltaiczna będzie składała się z 110 szt. paneli fotowoltaicznych o mocy 450W oraz inwertera o mocy 50 kW.

Łączna moc projektowanej instalacji fotowoltaicznej wynosi 49,50 kWp. Wyprodukowana energia elektryczna będzie dostarczana do sieci elektroenergetycznej nN 0,4kW zasilającej budynek Oczyszczalni oraz infrastrukturę techniczną.

4.7 Podstawowe dane techniczne projektowanych urządzeń na potrzeby obliczeń technicznych:

Panel fotowoltaiczny

- typ – monokrystaliczny
- moc - $P_{max} = 450W$
- sprawność – 20,7%
- napięcie obwodu otwartego – $V_{oc} = 49,0 V$,
- prąd zwarcia – $I_{sc} = 11,5A$,

Inwerter fotowoltaiczny DC/AC nr 1

- liczba zasilanych faz = trzy fazy
- moc maksymalna inwertera $P_{\text{max,inv}} = 50000\text{W}$
- max. napięcie wejściowe – 1100V
- napięcie rozpoczęcia pracy nie większe – 200 V
- liczba niezależnych MPPT – 4,
- sprawność maksymalna –98,8%,

4.8 Panele fotowoltaiczne

Panele fotowoltaiczne są to urządzenia elektryczne, w których przy wykorzystaniu zjawiska fotoelektrycznego zachodzi bezpośrednia przemiana promieniowania świetlnego w energię elektryczną. Przedmiotowa instalacja będzie składać się z paneli fotowoltaicznych o mocy 450 W każdy, połączone do inwertera w następujący sposób:

Inwerter nr 1

- wejście A: 2 łańcuchy 16 szt. modułów każdy
- wejście B: 2 łańcuchy 16 szt. modułów każdy
- wejście C: 2 łańcuchy 16 szt. modułów każdy
- wejście D: 1 łańcuch 14 szt. modułów każdy

Po stronie DC panele fotowoltaiczne łączyć kablami solarnymi w podwójnej izolacji, odpornymi na promieniowanie UV. Końcówki kabli łączyć złączkami MC4. Połączenie to zapewnia wodoszczelność i odporność na promieniowanie UV. Przewody łączące panele należy układać pod panelami fotowoltaicznymi i mocować do konstrukcji wsporczej za pomocą opasek zaciskowych.

Na początku łańcucha paneli zastosować wkładki cylindryczne o charakterystyce gPV, które jednocześnie pełnią funkcję rozłącznika w instalacji fotowoltaicznej. Wkładki należy montować na obu biegunach łańcucha. Należy bezwzględnie zastosować wkładki cylindryczne o charakterystyce gPV, przystosowane do pracy w systemach fotowoltaicznych.

4.9 Inwertery fotowoltaiczne DC/AC

Inwerter (falownik) to urządzenie elektroenergetyczne służące do przekształcania prądu stałego na prąd zmienny, sinusoidalny o częstotliwości sieciowej równej 50Hz. W przypadku zaniku napięcia zasilania, inwerter automatycznie odłącza panele fotowoltaiczne od sieci, uniemożliwiając dostarczenie wyprodukowanej energii do sieci elektroenergetycznej (ochrona przed zasilaniem drugostronnym).

Projektowana instalacja fotowoltaiczna będzie składać się z 1 szt. inwertera fotowoltaicznego.

Inwerter zostanie zamontowany na konstrukcji wsporczej. Przewody AC z inwerterów wprowadzone zostaną do skrzynki łączeniowej AC, wykonanej z tworzywa termoutwardzalnego. Schemat zasilania skrzynki łączeniowej i sposób przyłączenia poszczególnych inwerterów pokazano na rys. nr E-01. Inwertery posiada wbudowany licznik energii wyprodukowanej oraz złącze RS485 umożliwiające transmisję danych.

4.10 Monitoring

Inwerter posiada wbudowany licznik energii wyprodukowanej. W oparciu o tą funkcję należy wykonać system monitoringu, który umożliwi transmisję danych do zewnętrznego serwera dla potrzeb wizualizacji pracy systemu fotowoltaicznego.

4.11 Konstrukcja wsporcza

Instalacja fotowoltaiczna zostanie posadowiona w pasie nasypu oczyszczalni ścieków. Konstrukcja nośna paneli wykonana zostanie z profili stalowych oraz elementów aluminiowych. Należy zastosować konstrukcję systemową wbity bezpośrednio do gruntu. Konstrukcja wraz z zamontowanymi modułami fotowoltaicznymi powinna spełniać normy dotyczące odporności na obciążenie wiatrem i śniegiem. Moduły fotowoltaiczne należy montować zgodnie z załączonymi rysunkami pod kątem 25°. Całość zgodnie z rysunkiem K-O1. Istnieje możliwość zastosowań rozwiązań równoważonych.

Posadowienie modułów fotowoltaicznych zamieszczone zostało na rysunku K-O1.

4.12 Trasy kablowe

Po stronie DC panele przyłączone są kablami solarnymi w podwójnej izolacji, odporne na promieniowanie UV. Po stronie DC panele fotowoltaiczne łączyć kablami solarnymi w podwójnej izolacji, odpornymi na promieniowanie UV. Końcówki kabli łączyć złączkami MC4. Połączenie to zapewnia wodoszczelność i odporność na promieniowanie UV. Przewody łączące panele należy układać pod panelami fotowoltaicznymi i mocować do konstrukcji wsporczej za pomocą opasek zaciskowych.

Po stronie AC trasy kablowe inwertery – skrzynka łączeniowa AC – rozdzielnica główna budynku wykonane zostaną w oparciu o kabel typu YKY/YAKY

Projektowane kable AC oraz przewody komunikacyjne pomiędzy złączem kablowym ZK a miejscem przyłączenia wykonane zostaną w oparciu o kabel typu YKY o przekrojach wskazanych w obliczeniach technicznych. Kabel należy układać na dnie wykopu o głębokości 80 cm, na warstwie piachu o grubości co najmniej 10 cm. Ułożone kable należy zasypać 10 cm warstwą piachu, następnie warstwą gruntu rodzimego o grubości minimalnie 15 cm oraz przykryć folią z tworzywa sztucznego w kolorze niebieskim o grubości minimalnej 0,5 mm i szerokości 20 cm. Odległość folii od kabla powinna wynosić 25 - 35 cm. Kabel powinien być ułożony w wykopie linia falistą z zapasem (około 3 % długości wykopu) wystarczającym do skompensowania możliwych przesunięć gruntu. Tak ułożony kabel należy zaopatrzyć na całej długości w trwałe oznaczniki rozmieszczone w odstępach nie większych niż 10 m. Ze względu na istniejącą infrastrukturę, wykonanie wykopu oraz układanie kabla należy prowadzić z należytą starannością.

Projektowane przewody AC prowadzone wewnątrz budynku należy układać na trasach kablowych wykonanych ze stalowych koryt elektroinstalacyjnych. Szerokość koryt dobrana do ilości prowadzonych instalacji z zachowaniem min. 30% rezerwy w trasie. Trasy należy budować z prefabrykowanych odcinków. Do połączeń stosować fabryczny osprzęt połączeniowy, tj. kolana, trójniki, łuki, itp. Do mocowania tras należy stosować fabryczne wsporniki (ścienne i sufitowe), dobrane do miejsca montażu. Trasy należy budować w sposób umożliwiający „wkładanie” kabli, bez konieczności ich „przeciągania” (unikanie zamkniętych połączeń).

Okablowanie AC oraz DC poprowadzić możliwie najkrótszymi trasami.

4.13 Przyłącze instalacji fotowoltaicznej

W celu dostarczenia energii elektrycznej z instalowanych urządzeń rozbudować istniejącą rozdzielnicę ZK - 1839 o rozłącznik izolacyjny bezpiecznikowy. „Wpięcie” projektowanej elektrowni fotowoltaicznej zrealizować zaraz za zasilaniem podstawowym z sieci elektroenergetycznej.

4.14 Instalacja odgromowa, przeciwprzepięciowa i połączeń wyrównawczych

Aby uchronić projektowaną instalację fotowoltaiczną przed przepięciami łączeniowymi oraz pochodzącymi, od wyładowań atmosferycznych bezpośrednich i pośrednich, należy zainstalować ochronniki przepięć typu 1+2 w rozdzielnicy RDC oraz ochronniki przepięć typu 1+2 w rozdzielnicy RAC.

Bezwzględnie należy zastosować ochronniki przepięć dedykowane do instalacji fotowoltaicznych, zbudowane z wykorzystaniem iskierników gazowych o bardzo wysokiej rezystancji (ok. 10GΩ). Dobór ochronników przepięć przedstawiono w obliczeniach technicznych. Całość zgodnie z rysunkiem E-01.

Przy wykonaniu połączenia wyrównawczego należy pamiętać, że wszystkie uziemienia po stronie DC, jak i AC powinny być wspólne. Moduły i profile aluminiowe przyłączone będą do głównej szyny wyrównawczej – należy połączyć profile między sobą i następnie przewodem połączyć je z szyną wyrównawczą.

Łącząc moduły fotowoltaiczne w łańcuchy należy unikać tworzenia pętli przewodów/kabli, w których mogłoby się indukować napięcie. W celu uniknięcia wewnętrznej indukcji należy prowadzić przewód dodatni blisko ujemnego.

4.15 Ochrona przeciwporażeniowa

Ochronę przeciwporażeniową w sieci elektrycznej zapewnić w oparciu o wymagania normy PN-HD-60364-4-41 dla istniejącego układu sieciowego. Ochrona przeciwporażeniowa przed dotykiem bezpośrednim realizowana jest poprzez zadziałanie wyłącznika różnicowoprądowego. Ochrona przy uszkodzeniu zapewniona będzie przez samoczynne wyłączenie zasilania oraz przez zastosowanie urządzeń w II klasie ochronności. Instalacja fotowoltaiczna będzie wyposażona w zabezpieczenia nadprądowe spełniające ochronę przed skutkami przeciążeń i zwarć (zabezpieczenie przeciwpożarowe).

Przed przekazaniem instalacji do eksploatacji bezwzględnie uzyskać pozytywne wyniki pomiarów skuteczności ochrony przeciwporażeniowej przed dotykiem bezpośrednim i przy uszkodzeniu.

Wszystkie skrzynki połączeniowej instalacji PV oraz Złącze Kablowe powinny mieć tabliczkę ostrzegawczą informującą, że części czynne wewnątrz skrzynek mogą być wciąż pod napięciem, mimo odłączenia od falowników PV. Całość zgodnie z rysunkiem E-01.

5.14. Wytyczne w zakresie wykonania instalacji

Po stronie DC należy wykonać połączenia za pomocą szybkozłączy jednego typu i jednego producenta. Przy połączeniu do falownika należy stosować szybkozłącza dostarczone przez producenta falownika. Pracując ze złączkami należy używać wskazanych przez producenta narzędzi odpowiednich do prawidłowego montażu.

Przy dokręcaniu śrub w aparatach elektrycznych lub klemach modułów fotowoltaicznych należy stosować odpowiednie momenty, wskazane przez producenta. Do określania siły z jaką dokręcono dany element należy zastosować wkrećaki i klucze dynamometryczne. Wszystkie błędy związane z niewłaściwym momentem dokręcenia mogą przełożyć się na nadmierne nagrzewanie się połączeń co może skutkować pożarem.

Na dachach skośnych przewody należy prowadzić pionowo oraz przewody poza modułami należy prowadzić zawsze w dedykowanych osłonach, trwale przymocowanych do dachu.

Przewody muszą być luźno ułożone, nie mogą być układane pod obciążeniem mechanicznym, muszą być odciążone i w wystarczającym stopniu uwolnione od naprężeń.

5.15. Charakterystyka zagrożenia pożarowego

Z uwagi na projektowaną moc wynoszącą powyżej 6,5kW projekty powykonawcze podlegają obowiązkowemu uzgodnieniu pod względem zgodności z wymaganiami ochrony przeciwpożarowej z uwagi na Art. 29 ust. 2. 6kt. 16. (Dz. U. 2019 poz. 1186 z późn. zm.). Zakres opracowania obejmie elementy istotne w kontekście projektowanej instalacji wskazane w § 4 ust. 1 rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 2 grudnia 2015r. w sprawie uzgadniania projektu budowlanego pod względem ochrony przeciwpożarowej (Dz. U. z 2015r., poz. 2117).

5.16. Oznakowanie budynku

Ponadto w celu zapewnienia odpowiedniego bezpieczeństwa dla ekip ratowniczo gaśniczych należy odpowiednio oznakować obiekt wyposażony w PV wg normy PN-EN 60364-7-712:

Piktogram z wizerunkiem modułów PV na dachu budynku powinien być umieszczony:

- w miejscu przyłączenia instalacji PV,
- przy liczniku oraz
- przy głównym wyłączniku zasilania.

5. Obliczenia techniczne

5.1 Dobór zabezpieczeń

A. Zabezpieczenia łańcuchów paneli fotowoltaicznych

Prąd znamionowy zabezpieczenia:

$$1,4 \times I_{sc} \leq I_n \leq 0,9 \times I_{rew.} \approx 2,4 \times I_{sc}$$

gdzie:

- I_{sc} – znamionowy prąd zwarcia panelu fotowoltaicznego w warunkach STC,
- I_{rew} – maksymalny dopuszczalny prąd wsteczny (rewersyjny) panelu fotowoltaicznego,
- I_n – prąd znamionowy bezpiecznika.

Zgodnie z powyższym:

$$11,50A \leq I_n \leq 27,60A$$

Napięcie znamionowe zabezpieczenia:

$$U_n \geq 1,2 \times U_{oc} \times L_m$$

gdzie:

- U_{oc} – napięcie pojedynczego panelu fotowoltaicznego,
- L_m – liczba paneli fotowoltaicznych w łańcuchu.

Zgodnie z powyższym:

Instalacje trójfazowe

$$U_n \geq 940,80V \text{ – dla instalacji wejścia A,B,C}$$

$$U_n \geq 823,20V \text{ – dla instalacji wejścia D}$$

Zgodnie z powyższym dobieram wkładkę bezpiecznikową cylindryczną o charakterystyce gPV o prądzie znamionowym 15A, napięciu znamionowym 1100V

B. Zabezpieczenia inwertera w skrzynce łączeniowej AC i w rozdzielnicy RGB

Spodziewany prąd obciążenia::

$$I_B = \frac{P_n}{\sqrt{3} \times U_n \times \cos\varphi}$$

gdzie:

- I_B – spodziewany prąd obciążenia,
- P_n – moc czynna produkowana przez instalację fotowoltaiczną,
- U_n – napięcie znamionowe.

Zgodnie z powyższym:

$$I_B = 72,25A$$

Prąd znamionowy zabezpieczenia:

$$I_n \geq 1,25 \times I_B$$
$$I_n \geq 100A$$

Gdzie:

- I_n – prąd znamionowy zabezpieczenia,
- I_B – spodziewany prąd obciążenia,

Zgodnie z powyższym dobieram rozłącznik bezpiecznikowy z wkładką bezpiecznikową o prądzie znamionowym 100A

5.2 Dobór przewodów

A. Dobór przewodów DC

Relacja inwerter – panele fotowoltaiczne

Minimalny wymagany przekrój przewodu DC (warunek najostrzejszy – 16 modułów, MPPT 1, string łącznej długości 90m)

$$A = \frac{l \times P}{1 \times U_n^2 \times \kappa_{Cu}}$$

gdzie:

- A – minimalny przekrój obliczeniowy żyły przewodu DC,
- l – długość łańcucha ogniw fotowoltaicznych (obliczeń dokonano w oparciu o warunek najbardziej niekorzystny 90 m)
- P – moc przenoszona przez łańcuch ogniw fotowoltaicznych,
- U – napięcie układu,
- κ_{Cu} – przewodność miedzi.

Zgodnie z powyższym:

$$A = 1,95mm^2$$

Dobieram przewód PVI 4 mm² lub większy.

B. Dobór przewodów AC

Relacja Inwerter – Rozdzielnia AC

Minimalny wymagany przekrój przewodu AC (warunek najostrzejszy – długość przewodu 5 m).

W celu wykonania połączeń AC dobrano przewody typu YKY 5x25 mm² gdzie $I_z=125A$.

Sprawdzenie doboru przewodów i zabezpieczeń

[1]

$$I_z \geq \frac{k_2 \times I_n}{1,45}$$

gdzie:

- I_z – wymagana minimalna obciążalność prądowa linii,
- k_2 – współczynnik prądu zadziałania zabezpieczenia,
 - 1,6 – dla wkładek bezpiecznikowych
 - 1,45 dla wyłączników nadprądowych o charakterystyce B
- I_n – prąd znamionowy zabezpieczenia

$$I_Z \geq 137,93A$$

Warunek spełniony

[2]

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

- I_B – spodziewany prąd obciążenia
- I_n – prąd znamionowy zabezpieczenia
- I_Z – wymagana minimalna obciążalność prądowa linii

$$I_B = 72,25A \leq I_n = 100A \leq I_Z = 137,93A$$

Warunek spełniony

[3]

$$\Delta U\% = \frac{P \times l \times 100}{\gamma \times s \times U_n^2}$$

gdzie:

- P – moc przenoszona przez linię kablową,
- l – długość linii kablowej,
- γ – konduktywność materiału żyły przewodu
- s – przekrój roboczy przewodu,
- U_n – napięcie linii.

Zgodnie z powyższym:

$$\Delta U\% = 0,11\%$$

Warunek spełniony

Skrzynka łączeniowa AC - RGB

Minimalny wymagany przekrój przewodu AC (warunek najostrzejszy – długość przewodu 40 m).

W celu wykonania połączeń AC dobrano przewody typu YKY 5x25 mm² gdzie $I_Z=125A$

Sprawdzenie doboru przewodów i zabezpieczeń

[1]

$$I_Z \geq \frac{k_2 \times I_n}{1,45}$$

gdzie:

- I_Z – wymagana minimalna obciążalność prądowa linii,
- k_2 – współczynnik prądu zadziałania zabezpieczenia,
 - 1,6 – dla wkładek bezpiecznikowych
 - 1,45 dla wyłączników nadprądowych o charakterystyce B
- I_n – prąd znamionowy zabezpieczenia

$$I_Z \geq 137,93A$$

Warunek spełniony

[2]

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

- I_B – spodziewany prąd obciążenia
- I_n – prąd znamionowy zabezpieczenia
- I_Z – wymagana minimalna obciążalność prądowa linii

$$I_B = 72,25A \leq I_n = 100A \leq I_Z = 137,93A$$

Warunek spełniony

[3]

$$\Delta U\% = \frac{P \times l \times 100}{\gamma \times s \times U_n^2}$$

gdzie:

- P – moc przenoszona przez linię kablową,
- l – długość linii kablowej,
- γ – konduktywność materiału żyły przewodu
- s – przekrój roboczy przewodu,
- U_n – napięcie linii.

Zgodnie z powyższym:

$$\Delta U\% = 0,92\%$$

Warunek spełniony

5.3 Prognozowana produkcja energii elektrycznej

Moc instalacji – 49,50 kW

Nasłonecznienie - 950 [kWh/m²]

Kąt nachylenia modułów – 25 °

Azymut - 180°

Prognozowana produkcja energii elektrycznej – 47.025,00 kWh/rok