OPIS TECHNICZNY – INSTALACJA FOTOWOLTAICZNA

Spis treści

Instalacja fotowoltaiczna 4
1. Przedmiot opracowania 4
2. Podstawa opracowania 4
3. Zakres opracowania 4
4. Opis rozwiązań projektowych 4
5. Dobór urządzeń oraz montaż systemu PV 5
5.1 Panele fotowoltaiczne PV 5
5.2 Inwertery sieciowe 5
5.3 Optymalizatory mocy 6
6. Montaż modułów fotowoltaicznych 6
7. Połączenia instalacji fotowoltaicznej 7
8. Podłączanie paneli fotowoltaicznych do falowników 8
9. Tablice elektryczne 8
10. Wykonanie projektowanej instalacji elektrycznych 8
11. Ochrona przeciwporażeniowa 8
12. Ochrona przeciwprzepięciowa 9
13. Instalacja połączeń wyrównawczych 9
14. Instalacja odgromowa 9
15. Uwagi końcowe 10
16. Podstawowe normy i przepisy związane 11
17. Obliczenia techniczne 12
17.1 Obliczenie dopuszczalnego napięcia na zaciskach łańcuchów paneli PV 12
17.2 Obliczanie dopuszczalnej wartości natężenia prądu na zaciskach łańcuchów PV 13
17.3 Dobór przekroju kabli i przewodów elektroenergetycznych 13
17.4 Dobór kabli solarnych 14
18. Zestawienie podstawowych materiałów 14

Instalacja fotowoltaiczna

1. Przedmiot opracowania

Przedmiotem niniejszego opracowania jest projekt instalacji fotowoltaicznej o mocy 20 [kWp] zlokalizowanej na dachach budynku Powiatowej Stacji Sanitarno-Epidemiologicznej zlokalizowanej przy ul. 11 listopada 15 w Zawierciu.

2. Podstawa opracowania

Podstawę do opracowania niniejszej dokumentacji stanowiły następujące materiały wyjściowe:

- zlecenie Inwestora,
- inwentaryzacja obiektu,
- uzgodnienia z Inwestorem,
- audyt energetyczny
- obowiązujące normy i przepisy oraz wytyczne producentów urządzeń instalacji elektrycznych i fotowoltaicznych.

3. Zakres opracowania

Niniejsze opracowanie obejmuje:

- projekt instalacji fotowoltaicznej,
- usytuowanie modułów PV i dobór falowników,
- schematy elektryczne połączeń paneli fotowoltaicznych z inwerterami i siecią wewnętrzną,
- dane techniczne paneli fotowoltaicznych i inwerterów (falowników),
- modernizację istniejącej instalacji odgromowej.

4. Opis rozwiązań projektowych

Przewiduje się zastosowanie paneli fotowoltaicznych w ilości 80 szt. o mocy 250 Wp pozwalające na uzyskanie łącznej mocy **20,00 kWp**. Panele fotowoltaiczne zostaną zamontowane na dedykowanym systemie montażowym na dwóch połaciach dachu budynku zgodnie z załączonymi rysunkami. Instalacje fotowoltaiczne montuje się z zamiarem jej użytkowania przez najbliższe 25 lat, wiec zastosowane konstrukcje muszą być wykonane jako wytrzymałe na warunki atmosferyczne.

Elektrownia fotowoltaiczna jest urządzeniem, w którym następuje bezpośrednia konwersja energii promieniowania słonecznego na energię elektryczną. W warunkach standardowych (STC) określonych w IEC 61215 lub IEC 61646 tj. przy natężeniu promieniowania 1000W/m^2, temperaturze modułów równej 25°C i liczbie masowej atmosfery AM 1,5 moc projektowanego generatora fotowoltaicznego wyniesie 20 kWp.

Projektowana instalacja fotowoltaiczna będzie pracowała „on-grid" tzn. równolegle do sieci elektroenergetycznej, a produkcja energii elektrycznej będzie redukowała energochłonność budynku.

5. Dobór urządzeń oraz montaż systemu PV

5.1 Panele fotowoltaiczne PV

Instalacja składać się będzie z paneli fotowoltaicznych polikrystalicznych o mocy 250 Wp w ilości 80 szt. o wymiarach około 1660x990x50 mm. Moduły fotowoltaiczne muszą charakteryzować się co najmniej parametrami o następujących wartościach (w warunkach STC):

- Moc maksymalna: 250 W_p
- Napięcie obwodu otwartego U_{OC}: 37,5 V
- Prąd obwodu zamkniętego I_{SC}: 8,76 A
- Napięcie w punkcie mocy maksymalnej U_{mpp}: 30,3 V
- Natężenie prądu w punkcie mocy maksymalnej I_{mpp}: 8,24 A
- Wydajność modułu η_m: 15,2 %
- Maksymalny obciążenie mechaniczne śnieg/wiatr: 2400 Pa
- Maksymalne napięcie systemu: 1000 V DC
- Szyba frontowa hartowana: 3 mm
- Ramka: srebrna z anodyzowanego aluminium
- Złączki połączeniowe: IP67
- Gwarancja na produkt: 10 lat
- Gwarancja na moc 10 lat: 90%
- Gwarancja na moc 25 lat: 80%
- Temperatura pracy: -40°C do 85°C
- Masa: 20 kg.

5.2 Inwertery sieciowe

Urządzeniami odpowiedzialnymi za współpracę z generatorami fotowoltaicznymi będą falowniki trójfazowe o mocy odpowiednio 12.5 kW i 7 kW.

Poniżej przedstawiono minimalne parametry jakie powinny posiadać inwertery:

<u>Inwerter o mocy 12.5 kW:</u>

DANE - WEJŚCIE (DC):

- Wejścia DC: 2 pary MC4
- Moc nominalna AC: 12500 W
- Napięcie maksymalne wejściowe DC: 950 V
- Maksymalny prąd wejściowy DC: 21 A DC
- Maksymalna moc wejściowa DC: 13700 Wp
- Ilość faz: 3
- Zakres napięcia wyjściowego AC : 184 - 264,5 V
- Klasa ochronna IP: IP65
- Sprawność europejska: 97,7 %

Zastosowany inwerter o mocy 12.5kW musi charakteryzować się możliwością współpracy z optymalizatorami mocy.

Inwerter o mocy 7 kW:

DANE - WEJŚCIE (DC):

- Wejścia DC: 2 pary MC4
- Moc nominalna AC: 7000 W
- Napięcie maksymalne wejściowe DC: 950 V
- Maksymalny prąd wejściowy DC: 12 A DC
- Maksymalna moc wejściowa DC: 7700 Wp
- Ilość faz: 3
- Zakres napięcia wyjściowego AC : 184 - 264,5 V
- Klasa ochronna IP: IP65
- Sprawność europejska: 97,7 %

5.3 Optymalizatory mocy

Ze względu na możliwość pojawienia się okresowego zacienienia paneli fotowoltaicznych na niższym z dachów projektuje się instalację optymalizatorów mocy o nominalnej mocy wejściowej do 300W. Optymalizatory mocy będą monitorować pracę oraz ustalać punkt mocy maksymalnej dla każdego z modułów PV osobno co pozwoli na poprawę uzysku energii.

Parametry charakteryzujące wybrany optymalizator mocy zostały przedstawione poniżej:

- Praca z modułami składającymi się z 60 ogniw
- Maksymalne napięcie wejściowe: 48 V DC
- Nominalna moc wejściowa: 300 W
- Maksymalny prąd wejściowy DC: 10 A DC
- Kompatybilność z trójfazowym falownikiem o mocy 12.5 kW
- Złącza: MC4
- Stopień ochronności: II
- Klasa ochronna IP: IP68
- Sprawność ważona: 98,6 %

UWAGA: jeden optymalizator przypada na każdy z modułów fotowoltaicznych zgodnie ze schematem F-02.

6. Montaż modułów fotowoltaicznych

Montaż modułów fotowoltaicznych na dachu budynku należy dokonać w sposób jak najmniej ingerujący w konstrukcję obiektu, oraz przy zachowaniu szczelności dachu. Wszelkie ingerencje w strukturę poszycia dachu powinny być wykonane w sposób zabezpieczający szczelność dachu oraz niepogarszający jego właściwości budowlanych. Do montażu paneli fotowoltaicznych należy zastosować dedykowany system montażu paneli fotowoltaicznych na dachach płaskich typu np. PI028. Dopuszcza się użycie innego systemu pod warunkiem zachowania opisanych poniżej wymagań.

Wymaga się, aby panele fotowoltaiczne były zorientowane zgodnie z rysunkiem F-05:

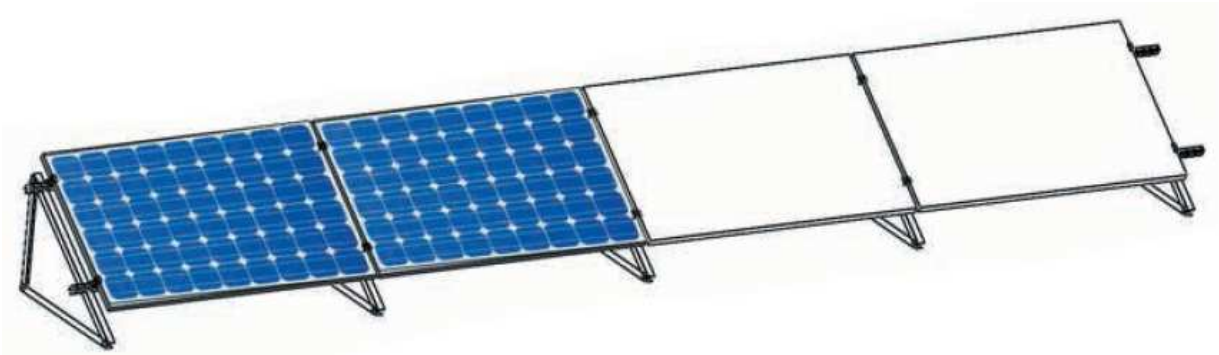
- na wyższym dachu w kierunku południowo-zachodnim (odchylenie od południa ok. 45^0),

- na niższym dachu w kierunku południowo-wschodnim (odchylenie od południa ok. 45^0),

- panele fotowoltaiczne mają być nachylone pod kątem 25^0 względem połaci dachowej i zamontowane w orientacji poziomej (odległość między rzędami min. 130cm w celu uniknięcia samo zacienienia poszczególnych rzędów).

Podstawowe parametry charakteryzujące system montażowy oraz poglądowy rysunek systemu mocowania wraz z panelami fotowoltaicznymi zostały przedstawione poniżej:

- Materiały systemu: aluminium i stal nierdzewna
- Orientacja paneli: pozioma
- Kąt nachylenia konstrukcji: 25°.



7. Połączenia instalacji fotowoltaicznej

Instalacja fotowoltaiczna projektowania jest jako podłączona do sieci elektroenergetycznej (układ on-grid) w związku z tym przed planowanym uruchomieniem należy poinformować Operatora Sieci Dystrybucyjnej (OSD) o jej zainstalowaniu. Po weryfikacji zgłoszenia OSD zabuduje w budynku licznik dwukierunkowy, który będzie mierzył prąd pobrany i oddany do sieci.

Przewiduje się, że falowniki zostaną połączone z istniejącą siecią elektryczną kablami typu YKY-żo zgodnie z rysunkiem F-01. Falowniki zostaną połączone z rozdzielnicą PV-AC. Strona zmiennoprądowa (AC) zabezpieczona zostanie wyłącznikami nadmiarowo-prądowym. Z rozdzielnicy PV-AC zostanie poprowadzony kabel YKY 5x16 mm^2 do miejsca przyłączenia instalacji fotowoltaicznych do sieci wewnętrznej budynku tj. istniejącej rozdzielnicy głównej budynku RG. Montaż aparatury w rozdzielnicach zgodnie z załączonymi schematami.

Kabel na trasie od rozdzielnicy PV-AC do rozdzielnicy głównej budynku RG należy poprowadzić w korytku kablowym z pokrywą o szerokości 100mm i wysokości 30mm po ścianie zewnętrznej pod projektowaną warstwą ocieplenia. Kabel wprowadzić do budynku na wysokości zamontowania istniejącej rozdzielnicy głównej RG (pom. 0.11) oraz w miejscu montażu rozdzielnicy PV-AC (pom. 1.08).

Przewiduje się również wyprowadzenie z inwerterów kabli teleinformatycznych F/UTP w celu komunikacji oraz monitorowania ich pracy. Kable należy połączyć z siecią lokalną LAN budynku lub doprowadzić do dedykowanego urządzenia obsługującego falowniki.

Falowniki posiadać mają wbudowane zabezpieczenie przeciwprzepięciowe oraz zabezpieczenie antywyspowe, wyłączające je w przypadku parametrów sieci odbiegających od wartości nastawnych.

8. Podłączanie paneli fotowoltaicznych do falowników

Panele fotowoltaiczne należy łączyć z falownikami za pomocą dedykowanych do takich połączeń kabli solarnych o przekroju 6 [mm^2], posiadającymi podwójną izolację odporną na szkodliwe działanie czynników atmosferycznych, a w szczególności UV. Kable na dachu prowadzić w dedykowanych korytkach kablowych lub rurach osłonowych przystosowanych do pracy w przestrzeniach otwartych i odpornych na promienie UV. Kable solarne łączyć z panelami fotowoltaicznymi za pomocą specjalnych złączek solarnych typu MC4. Łącząc panele fotowoltaiczne w łańcuchy należy unikać tworzenia pętli przewodów, w których mogłoby się indukować napięcie. W celu uniknięcia wewnętrznej indukcji magnetycznej należy prowadzić przewód dodatni blisko ujemnego.

Kable na trasie od paneli fotowoltaicznych do falowników prowadzić po dachu w korytkach kablowych oraz ze względu na planowane ocieplenie budynku w korytkach kablowych z pokrywą o szerokości 100mm i wysokości 30mm po ścianach zewnętrznych budynku pod warstwą ocieplenia. Kablami wejść do budynku w miejscu zamontowania falowników (przebicie przez ścianę do pomieszczenia nr. 1.08).

9. Tablice elektryczne

Projektuje się zabudowę rozdzielnic PV-AC i PV-DC jako rozdzielnic do zabudowy modułowej o stopniu ochrony IP65. Zostaną one zainstalowane natynkowo wraz z falownikami w pomieszczeniu 1.08. W tablicach elektrycznych należy zainstalować aparaturę elektryczną zgodnie ze schematem F-01. Przewiduję się również zamontowanie dodatkowych aparatów elektrycznych w istniejącej rozdzielnicy elektrycznej RG.

10. Wykonanie projektowanej instalacji elektrycznych

- Wszystkie przewody w instalacjach obwodów DC powinny posiadać izolację na 1000V,
- Wszystkie przewody montowane w instalacjach odbiorczych AC powinny posiadać izolację na 1000V,
- W miejscach, gdzie zachodzi potrzeba przechodzenia kabli przez ścianę należy wykonać przepusty kablowe zabezpieczone osadzonymi w nich rurami PCV odpowiedniej średnicy. W razie wykonywania przepustów kablowych przez jakiekolwiek strefy pożarowe należy zabezpieczyć prowadzone przez nie przewody przy pomocy rurek i mas ognioodpornych zgodnie z wymaganiami norm ppoż.

11. Ochrona przeciwporażeniowa

Dla zapewnienia bezpiecznej eksploatacji instalacji i urządzeń elektrycznych zaprojektowano układ sieciowy pracy w TN-S (z oddzielnym przewodem ochronnym PE w całym układzie pracy).

Ochrona przed dotykiem bezpośrednim realizowana jest przez izolowanie części czynnych (izolacja podstawowa) oraz stosowanie obudów i osłon o stopniu ochrony co najmniej IP2X, a w miejscach o zwiększonym ryzyku porażenia przynajmniej IP44.

Ochrona przy uszkodzeniu zostanie zrealizowana poprzez połączenia wyrównawcze oraz samoczynne wyłączenie zasilania poprzez zastosowanie w obwodach odbiorczych:

- wyłączników nadprądowych (instalacyjnych),
- bezpieczników.

Ochrona przy uszkodzeniu, przed dotykiem pośrednim dla instalacji po stronie DC (panele PV, okablowanie) jest realizowana przez wykorzystanie urządzeń II klasy ochronności, izolację podwójną lub wzmocnioną oraz uziemione połączenia wyrównawcze.

Zastosowane przekroje przewodów, zabezpieczenia zwarciowe zapewnią skuteczność ochrony zgodną z PN-IEC 60364.

Identyfikacja

Ze względu na bezpieczeństwo osób m.in. personelu technicznego, inspektorów, operatorów sieci, pracowników remontowych, strażaków należy przewidzieć odpowiednie oznakowanie budynku wyposażonego w instalację fotowoltaiczną PV.

Każdy punkt dostępu do części pod napięciem po stronie prądu stałego DC (rozdzielnice, skrzynki połączeniowe) muszą mieć tabliczkę ostrzegawczą informująca, że części czynne wewnątrz skrzynek mogą być pod napięciem nawet po odłączeniu od inwertera DC/AC. Tabliczkę należy oznaczyć i opisać w języku polskim na przykład tekstem: "*INSTALACJA FOTOWOLTAICZNA DC - Części czynne mogą pozostawać pod napięciem nawet po odłączeniu od inwertera DC/AC*".

Falownik powinien posiadać oznaczenie wskazujące, że przed jakimkolwiek działaniem serwisu, falownik musi być odizolowany zarówno po stronie prądu stałego DC i prądu przemiennego AC.

12. Ochrona przeciwprzepięciowa

Ochronę przed przepięciami spowodowanymi wyładowaniami atmosferycznymi stanowić będą uniwersalne modułowe ograniczniki przepięć typu 2 dla ochrony instalacji PV (po stronie DC). Zastosować ochronniki przeciwprzepięciowe modułowe typu 2, DC 1000V dedykowane do instalacji fotowoltaicznych, które należy zamontować w projektowanej rozdzielnicy PV-DC.

Ponadto projektuje się ogranicznik przepięć typu 1+2 o poziomie ochrony <1,5 kV do zabudowania w istniejącej rozdzielnicy elektrycznej RG oraz typu 2 o poziomie ochrony <1,4 kV do zabudowania w projektowanej rozdzielnicy PV-AC.

13. Instalacja połączeń wyrównawczych

Projektuje się lokalne szyny wyrównawcze, które należy uziemić. Podłączone do nich zostaną ramy modułów fotowoltaicznych oraz ochronniki przeciwprzepięciowe.

Przewody ochronne, ochronno-neutralne, uziemienia ochronnego lub ochronno-funkcjonalnego oraz połączeń wyrównawczych powinny być oznaczone dwubarwnie, barwą zielono-żółtą.

14. Instalacja odgromowa

W celu zabezpieczenia instalacji fotowoltaicznej zamontowanej na dachu budynku przewiduje się modernizację istniejącej instalacji odgromowej na wyższym dachu oraz montaż nowej instalacji na dachu niższym. Istniejącą instalację odgromową budynku należy dostosować do termomodernizacji oraz umieszczenia instalacji fotowoltaicznej na dachu budynku.

Na dachu wyższego budynku znajduje się istniejąca instalacja odgromowa. Należy połączyć z nią projektowane maszty odgromowe na podstawach betonowych za pomocą drutu FeZnΦ8. Ze względu na planowane ocieplenie budynku istniejące przewody odprowadzające należy poprowadzić w rurach PCV grubościennych, samogasnących, nierozprzestrzeniających płomienia w warstwie ocieplenia.

Na dachu niższego budynku należy wykonać instalację odgromową, która będzie obejmować ochroną moduły fotowoltaiczne. W tym celu należy zainstalować maszty odgromowe oraz zwody poziome wykonane drutem

FeZnΦ8mm. Zwody poziome na dachu należy mocować za pomocą uchwytów rozmieszczonych w odległości 1m. Przewody odprowadzające FeZnΦ8mm prowadzić w rurkach PCV grubościennych, samogasnących, nierozprzestrzeniających płomienia w warstwie ocieplenia i połączyć je z istniejącymi przewodami uziemiającymi za pomocą złącz kontrolnych.

Należy wykonać połączenia rozłączalne z istniejącymi przewodami uziemiającymi budynku za pomocą złącz kontrolnych (ZK), które w związku z ociepleniem budynku należy umieścić w skrzynce probierczej na wysokości min. 0,3m od powierzchni gruntu. Rozmieszczenie instalacji pokazano na rysunku F-05.

Koniecznym jest zachowanie bezpiecznego odstępu izolacyjnego instalacji odgromowej w celu uniknięcia niebezpiecznych przeskoków iskrowych pomiędzy elementami urządzenia piorunochronnego i elementami konstrukcyjnymi systemu PV. W przypadku braku możliwości zachowania odstępu w miejscu zbliżenia należy zastosować przewód o izolacji wysokonapięciowej zamiast zwodu nieizolowanego.

15. Uwagi końcowe

- Roboty wykonać zgodnie z obowiązującymi przepisami i normami.
- Prace związane z urządzeniami i instalacjami elektrycznymi mogą wykonywać jedynie osoby posiadające odpowiednie kwalifikacje i uprawnienia.
- Do wszelkich robót wykonywanych na dachach budynków mają zastosowanie przepisy dot. prac na wysokości.
- Wszystkie elementy osprzętu należy oznaczyć i opisać w języku polskim. Oznaczenia należy uzgodnić z Zamawiającym na etapie ich wykonania.
- Wszelkie zmiany lub niezgodności z projektem należy uzgodnić pisemnie z Inwestorem.
- Stosować się do przepisów BHP, roboty elektryczne wykonać pod nadzorem osób uprawnionych.
- Prace wykonawcze realizować zgodnie z Prawem Budowlanym, z obowiązującymi i zalecanymi normami, przepisami i opracowaniami SEP, pod nadzorem kierownika z uprawnieniami budowlanymi w branży instalacji elektrycznej.
- Stosować elementy instalacji elektrycznych (kable, przewody oraz pozostały osprzęt elektroinstalacyjny) posiadające certyfikaty zgodności w szczegółowej specyfikacji technicznej wykonania robót.
- Wykonawca zapewnia wszystkie materiały i urządzenia wraz z ich rozładunkiem i montażem.
- Wszystkie wyroby budowlane zakupione przez Wykonawcę robót, powinny posiadać znak CE i certyfikaty lub deklaracje zgodności. Wszystkie atesty i aprobaty techniczne użytych materiałów oraz urządzeń, dokumenty badania jakości u producenta i instrukcje techniczne DTR, karty katalogowe należy przekazać Inwestorowi przed rozpoczęciem prac montażowych.
- Sprzęt używany w trakcie prac winien być sprawny, posiadać wymagane przepisami zabezpieczenia, przeglądy i badania. W przypadku sprzętu podlegającemu kontroli dozoru technicznego - aktualne badania dozorowe. Obsługujący sprzęt powinni mieć uprawnienia do jego stosowania.
- Urządzenia elektryczne wykorzystane przy pracach montażowych powinny posiadać badania, certyfikaty nie starsze niż 12 miesięcy. Spis urządzeń z aktualnymi badaniami należy przedłożyć Inwestorowi przed rozpoczęciem prac.
- Po wykonaniu instalacji elektrycznej należy wykonać pomiary kontrolne, a wyniki pomiarów winny być przedstawione w formie protokołów.
- Do odbioru dostarczyć protokoły badań, atesty i certyfikaty na aparaty i osprzęt, dokumentację powykonawczą.

16. Podstawowe normy i przepisy związane

1. PN-HD 60364-7-712:2016-05 Instalacje elektryczne niskiego napięcia - Część 7-712: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji - Fotowoltaiczne (PV) układy zasilania
2. PN-EN 61173:2002 Ochrona przepięciowa fotowoltaicznych (PV) systemów wytwarzania mocy elektrycznej – Przewodnik
3. PN-EN 61730-1 Ocena bezpieczeństwa modułu fotowoltaicznego (PV) -- Część 1: Wymagania dotyczące konstrukcji
4. PN-EN 61730-2 Ocena bezpieczeństwa modułu fotowoltaicznego (PV) -- Część 2: Wymagania dotyczące badań
5. PN-EN 62446-1:2016-08 Systemy fotowoltaiczne (PV) -- Wymagania dotyczące badań, dokumentacji i utrzymania -- Część 1: Systemy podłączone do sieci -- Dokumentacja, odbiory i nadzór
6. PN-EN 50521 Złącza elektryczne do zastosowań w systemach fotowoltaicznych -- Wymagania bezpieczeństwa i badania
7. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane - Dz.U. 1994 Nr 89 poz. 414
8. PN-HD 60364-1:2010 Instalacje elektryczne niskiego napięcia - Część 1: Wymagania podstawowe, ustalanie ogólnych charakterystyk, definicje
9. PN-IEC 60364-5-51:201 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych - Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego - Postanowienia ogólne
10. PN-E-05010:1991 Zakresy napięciowe instalacji elektrycznych w obiektach budowlanych
11. PN-EN 60529:2003 Stopnie ochrony zapewnianej przez obudowy (kod IP)
12. PN-EN 62305-1:2008 Ochrona odgromowa -- Część 1: Zasady ogólne
13. PN-EN 62305-2:2008 Ochrona odgromowa -- Część 2: Zarządzanie ryzykiem
14. PN-HD 60364-5-54:2010 Instalacje elektryczne niskiego napięcia - Część 5-54: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego - Uziemienia, przewody ochronne i przewody połączeń ochronnych
15. PN-HD 308 S2:2007 Identyfikacja żył w kablach i przewodach oraz w przewodach sznurowych
16. PN-IEC 60364-5-52:2002 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych - Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego – Oprzewodowanie
17. PN-IEC 60364-5-523:2001 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych - Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego - Obciążalność prądowa długotrwała przewodów
18. PN-EN 60445:2010 Zasady podstawowe i bezpieczeństwa przy współdziałaniu człowieka z maszyną, znakowanie i identyfikacja - Identyfikacja zacisków urządzeń i zakończeń przewodów
19. PN-EN 60446:2010 Zasady podstawowe i bezpieczeństwa przy współdziałaniu człowieka z maszyną, znakowanie i identyfikacja - Identyfikacja przewodów kolorami albo znakami alfanumerycznymi
20. PN-HD 60364-4-41:2009 Instalacje elektryczne niskiego napięcia - Część 4-41: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa - Ochrona przed porażeniem elektrycznym
21. PN-IEC 60364-5-534:2012 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych - Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego - Urządzenia do ochrony przed przepięciami
22. PN-IEC 60364-4-443:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych - Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa - Ochrona przed przepięciami - Ochrona przed przepięciami atmosferycznymi lub łączeniowymi

23. PN-IEC 60364-4-482:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych - Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa - Dobór środków ochrony w zależności od wpływów zewnętrznych - Ochrona przeciwpożarowa
24. PN-IEC 60364-5-53:2000 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych - Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego - Aparatura rozdzielcza i sterownicza
25. PN-IEC 60364-5-537:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych - Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego - Aparatura rozdzielcza i sterownicza - Urządzenia do odłączania izolacyjnego i łączenia
26. PN-HD 60364-6:2008 Instalacje elektryczne niskiego napięcia - Część 6: Sprawdzanie
27. Norma SEP N SEP-E-001. Sieci elektroenergetyczne niskiego napięcia.
28. Norma SEP N SEP-E-004. Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe. Projektowanie i budowa.

17. Obliczenia techniczne

17.1 Obliczenie dopuszczalnego napięcia na zaciskach łańcuchów paneli PV

Dopuszczalny zakres napięcia wejściowego do falownika, dla każdego z łańcucha wejściowego wynosi 950V DC. Napięcie to dla określonej ilości paneli PV w przypadku tradycyjnego połączenia modułów zmienia się nieznacznie wraz ze zmianą promieniowania słonecznego. Istotny za to wpływ na zmianę napięcia ma inny czynnik atmosferyczny jakim jest temperatura pracy. Wartość znamionowego napięcia modułu fotowoltaicznego podaję się dla optymalnych warunków pracy określanych przy temperaturze 25° C – wraz ze spadkiem temperatury panelu PV wzrasta wartość napięcia szeregowo połączonych paneli PV.

$$U_{mpp} = 30{,}3V$$

Wartość napięcia obwodu otwartego dla warunków STC:

$$U_{oc} = 37{,}5V$$

Do falownika FA2 planuje się połączenie szeregów dwóch łańcuchów odpowiednio po 13 i 11 szt. paneli fotowoltaicznych w związku z czym maksymalne napięcie jakie może się pojawić (przy temperaturze 25°C) wynosić będzie:

$$U_{13oc} = U_{oc(1)} + U_{oc(2)} + ... + U_{oc(12)} + U_{oc(13)} = 487{,}5\text{V}$$

<u>gdzie:</u>

$U_{oc(n)}$ = napięcie pojedynczego panelu z oznaczeniem n, gdzie n=$\{1,2,3,.....,13\}$

Napięcie to jest niższe niż dopuszczalne napięcia (950V) wejściowe falownika, w związku z czym warunek uznaje się za spełniony. Do obliczeń nie przyjęto, zmian napromieniowania słońca, które również ma wpływ na zmianę wartości napięcia wejściowego. W związku z czym nawet, gdyby w miejscu pracy elektrowni wystąpiła skrajnie niska temperatura -30°C, wartość napięcia wejściowego łańcucha składającego się z 13 szt. szeregowo połączonych paneli słonecznych powinna pozostać w zakresie dopuszczalnych napięć wejściowych.

W przypadku falownika FA1 ze względu na zastosowanie optymalizatorów mocy napięcie U_{OC} oblicza się odmiennie w stosunku do tradycyjnego połączenia. Zastosowanie optymalizatorów mocy pozwala utrzymać stałe napięcie w łańcuchu umożliwiając stałą wydajność falownika. W związku z czym napięcie łańcucha nie będzie przekraczać maksymalnego napięcia określonego w karcie katalogowej producenta inwertera.

Zintegrowany mechanizm SafeDC zapewnia, że zawsze, gdy optymalizator mocy jest odłączony od falownika lub gdy nie ma zasilania AC w systemie (z powodu wyłączenia falownika, awarii sieci bądź załączenia wyłącznika pożarowego), mamy na wyjściu napięcie 1V (± 0.1V). Gwarantuje to bezpieczeństwo podczas pracy instalacji, prowadzonych konserwacji oraz akcji pożarowych, ponieważ napięcie obwodu otwartego równe jest liczbie podłączonych modułów, np. ciąg 29-modułów ma VOC = 1V x 29 = 29V DC.

17.2 Obliczanie dopuszczalnej wartości natężenia prądu na zaciskach łańcuchów PV

Wartość maksymalnej wartości natężenia prądu wejściowego do falownika FA2 o mocy 7 kW na wejściu wynosi 12A.

W przypadku podłączenia szeregowo 13 szt. paneli o mocy 250Wp, na każde z wejść natężenie prądu może osiągnąć wartość maksymalną w warunkach STC równą:

$$I_A = \frac{P}{U_{mpp}} = \frac{250}{30,3}$$

$$I_A = 8,25\,A$$

W związku z czym w zaproponowanym systemie połączeń nie ma zagrożenia przekroczenia maksymalnego natężenia prądu dla żadnego z wejść falownika.

W przypadku łańcuchów z optymalizatorami mocy w stanie prądu zwarcia (I_{sc}) czyli gdy łańcuch odłączony jest od falownika optymalizatory mocy są w trybie SafeDC i na wyjściu wytwarzają napięcie wyjściowe 1V. Prąd wyjściowy w tym stanie jest ograniczony do 300-600 mA, w zależności od temperatury i napięcia na module PV.

17.3 Dobór przekroju kabli i przewodów elektroenergetycznych

Doboru przekroju kabli i przewodów dokonano w oparciu o kryteria obciążalności długotrwałej – sprawdzenie zabezpieczenia przewodów przed skutkami przeciążeń.

Warunki prawidłowego zabezpieczenia kabli przed skutkami przeciążeń:

1) $I_b \leq In \leq I'_z$
2) $I_2 \leq 1,45 \cdot I'_z$

gdzie:
I_b – prąd obliczeniowy (prąd obciążenia kabla),
I_n – prąd znamionowy zabezpieczenia,
I'_z – obciążalność długotrwała kabla z uwzględnieniem odpowiednich współczynników poprawkowych,
I_2 – prąd zadziałania zabezpieczenia

Zgodnie z standardami projektowania instalacji fotowoltaicznych, maksymalny spadek napięcia pomiędzy inwerterem w punktem przyłączenia nie powinien być większy niż 2%.

Kabel zasilający rozdzielnicę PV-AC

Lp.	Wyszczególnienie obwodów	Typ przewodu	P obl. [kW]	I_B [A]	In [A]	I'z [A]	I2 [A]	1,45Iz' [A]	dU [%]
1	Rozdzielnica PV-AC	YKY-żo 5x16	20	31,04	40	52*0,9 = 47	58	68	0,42

Kabel zasilający Falownik 12.5 kW

Lp.	Wyszczególnienie obwodów	Typ przewodu	P obl. [kW]	I_B [A]	In [A]	I'z [A]	I2 [A]	1,45Iz' [A]	dU [%]
1	Falownik 12.5 kW	YKY-żo 5x10	12,5	19,40	25	39*0,9 = 35	36	51	0,03

Kabel zasilający Falownik 7 kW

Lp.	Wyszczególnienie obwodów	Typ przewodu	P obl. [kW]	I_B [A]	In [A]	I'z [A]	I2 [A]	1,45Iz' [A]	dU [%]
1	Falownik 7 kW	YKY-żo 5x6	7,0	10,86	20	26*0,9 = 26	29	38	0,03

17.4 Dobór kabli solarnych

Kable pomiędzy panelami fotowoltaicznymi, a falownikiem projektuje się jako kable solarne o przekroju 1x6mm2, o obciążalności prądowej 57A czyli większym niż maksymalny prąd rozwarcia w obwodzie.

18. Zestawienie podstawowych materiałów

Poniżej zestawiono podstawowe elementy jakie są wymagane do poprawnego montażu i konfiguracji systemu fotowoltaicznego.

Lp.	Wyszczególnienie	Jedn.	Ilość
1	Moduł PV polikrystaliczny o mocy 250Wp	szt.	80
2	System montażowy paneli fotowoltaicznych na dachach płaskich, (PI-028 lub równoważny)	kpl.	1
3	Dodatkowe materiały do systemu montażowego	kpl	wg potrzeb
4	Falownik o mocy znamionowej 12.5 kW (SE12.5K lub równoważny)	szt.	1
5	Falownik o mocy znamionowej 7 kW (SE7K lub równoważny)	szt.	1
6	Optymalizator mocy (P300 lub równoważny)	szt.	56
7	Rozdzielnica PV-AC (obudowa natynkowa 2x18 modułów, IP65 wraz z wyposażeniem), wyposażenie wg rysunku F-01	kpl.	1
8	Rozdzielnica PV-DC (obudowa natynkowa 2x18 modułów, IP65 wraz z wyposażeniem), wyposażenie wg rysunku F-01	kpl.	1

9	Ochronnik przepięciowy typ I+II, <1,5 kV – doposażenie rozdzielnicy głównej RG	szt.	1
10	Rozłącznik bezpiecznikowy 3P 63A z wkładkami 3x40A – doposażenie rozdzielnicy głównej RG	szt.	1
11	Kabel solarny 1x6 mm^2 0,6/1kV	mb	300
12	Kabel teleinformatyczny F/UTP	mb	30
13	Kabel elektroenergetyczny YKY-żo 5x16 mm^2	mb	30
14	Kabel elektroenergetyczny YKY-żo 5x10 mm^2	mb	5
15	Kabel elektroenergetyczny YKY-żo 5x6 mm^2	mb	5
16	Kabel wyrównawczy 1x6 mm^2	mb	150
17	Koryto metalowe z pokrywą 50x50mm	mb	110
18	Koryto metalowe z pokrywą 100x30mm	mb	30
19	Masz odgromowy na podstawie betonowej (H= 3m)	szt.	4
20	Masz odgromowy na podstawie betonowej (H= 2,5m)	szt.	3
21	Zwód poziomy niski na dachu wykonany drutem FeZn 8mm^2	mb	70
22	Zacisk uniwersalny MV	szt.	14
23	Rura sztywna odgromowa samogasnąca	mb	25
24	Skrzynka probiercza na elewację – wersja podtynkowa	szt.	6
25	Wsporniki dachowe instalacji odgromowej	szt.	55
26	Złącze kontrolne	szt.	6
27	Rura elektroinstalacyjna karbowana PCV 320N Ø47	mb	wg potrzeb
28	Rura elektroinstalacyjna karbowana PCV 320N Ø25	mb	wg potrzeb
29	Materiały pomocnicze	kpl.	wg potrzeb