

Spis treści

I. WSTĘP	3
1. Podstawa opracowania	3
2. Przedmiot oraz zakres opracowania	3
II. CZĘŚĆ OPISOWA.....	4
1. Stan istniejący	4
2. Informacje o obiekcie	4
3. Opis projektowanych rozwiązań	4
3.1 Moduły fotowoltaiczne	4
3.2 System mocujący	4
3.3 Falowniki	5
3.4 Magazyn energii elektrycznej	5
3.5 Rozdzielnice prądu stałego i prądu przemiennego	6
3.6 Zastosowane przewody i złącza prądu stałego	6
3.7 Zastosowane przewody prądu przemiennego	6
3.8 Aparatura zabezpieczająca	7
3.9 Uziemienie	7
3.10 Magazyn	7
3.11 Opis przyłączenia instalacji PV do sieci elektroenergetycznej	7
3.12 Zakres prac instalacyjnych oraz wytyczne w zakresie wykonania instalacji	7
3.13 Informacje dotyczące ochrony środowiska	8
3.14 Konserwacja i eksploatacja instalacji fotowoltaicznej	8
III. BEZPIECZEŃSTWO PRZECIWOPOŻAROWE.....	10
1. Charakterystyka zagrożenia pożarowego	10
2. Charakterystyka zagrożenia pożarowego projektowanej instalacji PV	10
3. Informacje o kategorii zagrożenia ludzi przedmiotowego budynku	11
4. Miejsce montażu paneli fotowoltaicznych, falownika oraz sposób przeprowadzenia przewodów DC pomiędzy modułami a falownikiem	11
5. Przewidywana gęstość obciążenia ogniowego	11
6. Ocena zagrożenia wybuchem pomieszczeń oraz przestrzeni zewnętrznych	11
7. Informacje o stopniu rozprzestrzeniania ognia elementów budowlanych	11
8. Podział obiektu na strefy pożarowe oraz strefy dymowe	11
9. Informacje o usytuowaniu z uwagi na bezpieczeństwo pożarowe, w tym o odległości od obiektów sąsiadujących	11
10. Informacje o warunkach i strategii ewakuacji ludzi lub ich uratowania w inny sposób	11
11. Informacje o sposobie zabezpieczenia przeciwpożarowego instalacji PV, a także rozwiązania zmniejszające ryzyko powstania pożaru	12
12. Wyposażenie w gaśnice	12
13. Przeciwpożarowy wyłącznik prądu PWP	12
14. Sposób zapewnienia bezpieczeństwa dla ekip ratowniczo-gaśniczych	12
15. Plan instalacji fotowoltaicznej dla ekip ratowniczych	13
16. Oznakowanie budynku	13
17. Woda do zewnętrznego gaszenia pożaru oraz drogi pożarowe	13
IV. OBLICZENIA TECHNICZNE	14
1. Bilans	14
1. Moc instalacji fotowoltaicznej	15
2. Moduły fotowoltaiczne	15
2.1. Wyznaczenie parametrów skrajnych modułu	15
3. Dobór inwertera	16
3.1. Warunek maksymalnej mocy wejściowej	16
3.2. Warunek napięcia rozruchowego falownika	16
3.3. Warunek maksymalnego napięcia wejściowego	16

3.4. Warunek maksymalnego prądu zwarcioviego	16
3.5. Warunek maksymalnego prądu wejściowego	16
3.6. Warunek zakresu napięć MPPT	16
4. Dobór przewodów DC	17
4.1. Warunek prądu dopuszczalnego długotrwale	17
4.2. Warunek dopuszczalnego spadku napięcia.....	17
5 Dobór przewodów AC.....	18
5.1. Warunek prądu dopuszczalnego długotrwale	18
5.2. Warunek dopuszczalnego spadku napięcia.....	18
6. Warunek doboru bezpieczników DC.....	18
7. Warunek doboru ograniczników przepięć	19
8. Warunek doboru zabezpieczenia linii AC	19
V. UWAGI KOŃCOWE	20

Spis rysunków

1. PROJEKT ZAGOSPODAROWANIA TERENU – INSTALACJA FOTOWOLTAICZNA	E – 1
2. PLAN SYTUACYJNY - INSTALACJA FOTOWOLTAICZNA.....	E – 1a
3. RZUT MAGAZYNU	E – 2
4. SCHEMAT INSTALACJI ELEKTRYCZNEJ.....	E – 3
5. WIDOKI ROZDZIELNIC R-DC ORAZ R-AC	E – 4

Spis załączników

1. Uprawnienia budowlane do projektowania w specjalności instalacyjnej w zakresie sieci, instalacji i urządzeń elektrycznych i elektroenergetycznych bez ograniczeń, ...	
2. Zaświadczenie o przynależności do Śląskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa projektanta.....	
3. Karta katalogowa modułów fotowoltaicznych	
4. Karta katalogowa falownika	
5. Kopia mapy do celów projektowych	

I. WSTĘP

1. Podstawa opracowania

- Zlecenie Inwestora i wytyczne Inwestora,
- Prawo Budowlane i przepisy wykonawcze wydane na jego podstawie,
- Polskie normy,
 - PN-HD 60364-7-712:2016 Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 7 –712: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji – Fotowoltaiczne (PV) układy zasilania,
 - PN-EN 62852:2015-05. Złącza DC stosowane w systemach fotowoltaicznych. Wymagania bezpieczeństwa i badania,
 - PN-EN 62439-2:2011. Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe. Część 2: Rozdzielnice i sterownice do rozdziału energii elektrycznej,
 - PN-EN 50565-1:2014-11. Przewody elektryczne. Wytyczne stosowania przewodów na napięcie znamionowe nieprzekraczające 450/750V (U0/U). Część 1: Wskazówki ogólne.
 - IEC 62446-2. Systemy fotowoltaiczne (PV). Wymagania dotyczące badań, dokumentacji i utrzymania. Część 1: Systemy podłączone do sieci. Konserwacja systemów PV.
 - PN-EN 62446-1:2016-08 oraz PN-EN 62446-1:2016-08/A1:2019-01 Systemy fotowoltaiczne (PV) – Wymagania dotyczące badań, dokumentacji i utrzymania – Część 1: Systemy podłączone do sieci – Dokumentacja, odbiory i nadzór,
 - PN-HD 60364-4-41:2017-09 „Instalacje elektryczne niskiego napięcia -- Część 4-41: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa -- Ochrona przed porażeniem elektrycznym”.
 - Norma N SEP-E-007:2017-09e,
- Oględziny obiektu,
- Obliczenia techniczne,
- Inwentaryzacja instalacji elektrycznej,

2. Przedmiot oraz zakres opracowania

Przedmiotem opracowania jest projekt wykonawczy instalacji fotowoltaicznej o mocy 49,50kW dla budynku oczyszczalni ścieków. Budynek zlokalizowany jest w Kobiórze przy ul. Rzecznej 5. Niniejsze opracowanie swoim zakresem obejmuje:

- opis lokalizacji oraz obiektu, gdzie wykonana będzie instalacja,
- opis instalacji fotowoltaicznej oraz zastosowanych urządzeń,
- opis połączeń urządzeń instalacji oraz przyłączenia jej do sieci elektroenergetycznej,
- dane techniczne zastosowanych urządzeń,
- wytyczne dotyczące wykonania instalacji,
- charakterystykę zagrożenia pożarowego,
- schemat elektryczny instalacji zawierający stosowne opisy,
- kartę informacyjną obiektu,
- podstawowe obliczenia techniczne,

II. CZĘŚĆ OPISOWA

1. Stan istniejący

Aktualnie budynek oczyszczalni wyposażony jest w instalację fotowoltaiczną o mocy 49,50kW. Moduły istniejącej instalacji fotowoltaicznej zabudowane zostały na działce nr 1535/54 z wykorzystaniem dachu wiaty oraz na dedykowanej, gruntowej konstrukcji wsporczej. W pobliżu istniejących paneli zabudowane są falowniki oraz rozdzielnice prądu stałego i przemiennego. Od istniejącej instalacji fotowoltaicznej do wewnętrznej instalacji elektrycznej budynku doprowadzona została linia kablowa YAKXS 4x35mm², którą doprowadzana jest energia elektryczna. Instalacja elektryczna zasilona jest z rozdzielni głównej zlokalizowanej w pomieszczeniu rozdzielni, obok której zlokalizowany jest układ pomiarowo-rozliczeniowy (tablica licznikowa) będąca źródłem zasilania podstawowego.

2. Informacje o obiekcie

Budynek, dla którego zostanie wykonana przedmiotowa instalacja fotowoltaiczna to dwukondygnacyjny budynek oczyszczalni ścieków, jednak sama nowoprojektowana instalacja fotowoltaiczna (wraz z jej wszystkimi elementami) wykonana zostanie jako gruntowa, zabudowana na działce nr 1535/54. Moc przyłączeniowa dla zakładu wynosi 100kW (taryfa C23).

3. Opis projektowanych rozwiązań

Energia promieniowania słonecznego zostanie przetworzona na energię elektryczną za pomocą modułów fotowoltaicznych. Osadzone one zostaną na dedykowanej dla rodzaju dachu konstrukcji montażowej. Moduły zostaną ze sobą połączone w łańcuchy, a następnie wpięte do falowników za pomocą przewodów w podwójnej izolacji posiadających odporność na promieniowanie UV i zmienne warunki atmosferyczne, dedykowanych do zastosowań w instalacjach fotowoltaicznych. Wprowadzona do falowników energia elektryczna zostanie przekształcona na napięcie przemiennie o parametrach sieci elektroenergetycznej, a następnie wprowadzona do wewnętrznej instalacji elektrycznej przewodami instalacyjnymi. Projektowana instalacja zostanie wyposażona w odpowiednie zabezpieczenia na części AC i DC. Instalacja pracować będzie autonomicznie (off-grid) - nie przewiduje się przekazywania nadwyżki produkowanej energii elektrycznej do systemu elektroenergetycznego, a do magazynu energii elektrycznej oraz bezpośrednio do wewnętrznej instalacji.

3.1 Moduły fotowoltaiczne

Zbudowane z połączonych ogniw fotowoltaicznych moduły fotowoltaiczne służą do bezpośredniej przemiany energii promieniowania słonecznego w energię elektryczną o napięciu stałym, wykorzystując zjawisko efektu fotowoltaicznego. Celem pokrycia zapotrzebowania na energię elektryczną instalacji odbiorczej przewiduje się zastosowanie modułów wykonanych w technologii monokrystalicznej. Ze względu na możliwość częściowego zacielenia modułów projektuje się panele fotowoltaiczne typu „half-cut”. Dobrano 30 modułów monokrystalicznych. Parametry paneli podane zostały w poniższej tabeli. W przypadku wystąpienia częściowego zacielenia któregoś z modułów należy miejscowo zastosować optymalizatory mocy.

	Moduł fotowoltaiczny
Moc maksymalna	550 Wp
Napięcie obwodu V_{oc} (STC)	49,90V
Prąd zwarcia I_{sc} (STC)	14,00 A
Napięcie w punkcie mocy maksymalnej V_{mp} (STC)	41,96 V
Prąd w punkcie mocy maksymalnej I_{mp} (STC)	13,11 A
Wymiary (dł. x sze. x wys.)	2278 x 1134 x 30 mm
Sprawność modułu	21,30 %

Tab. 1 Parametry modułów

3.2 System mocujący

Do osadzenia i przymocowania modułów fotowoltaicznych na dachu budynku zastosowano dedykowaną, inwazyjną konstrukcję wsporczą o kącie nachylenia równym 15°. Połać dachu na której zabudowane zostaną panele fotowoltaiczne pochylony jest pod kątem 4°, zatem nachylenie paneli na zabudowanej konstrukcji wyniesie ok. 19°. Zaprojektowana konstrukcja charakteryzuje się horyzontalną orientacją układanych modułów.

3.3 Falowniki

Falownik jest urządzeniem energoelektronicznym umożliwiającym przekształcenie energii elektrycznej z postaci prądu stałego generowanego przez moduły fotowoltaiczne lub zmagazynowanego w magazynie energii na prąd przemienny o parametrach występujących w instalacji elektrycznej budynku oraz sieci elektroenergetycznej. Moc falownika dobrana została w taki sposób, aby możliwe było przekształcenie mocy szczytowej modułów umieszczonych na dachu budynku. Falownik posiada w swojej strukturze wbudowane układy regulacji napięcia stałego wyposażone w algorytm śledzenia punktu mocy maksymalnej (MPPT) umożliwiające uzyskanie maksymalnej mocy generatorów PV w różnych warunkach pracy. W projektowanej instalacji zaprojektowano falownik hybrydowy o mocy 50kW. Parametry falownika podane zostały w poniższej tabeli. Umieszczony zostanie on w dedykowanym na potrzeby nowoprojektowanej instalacji fotowoltaicznej magazynie (patrz pkt. 3.9) na ścianie wykonanej z elementów niepalnych, w miejscu nie narażonym na nasłonecznienie, zgodnie z wytycznymi i instrukcjami producenta.

	Falownik nr 1
Maksymalna moc wejściowa	80 000 Wp
Max. napięcie wejściowe	1000 V
Zakres napięć MPPT	150-850 V
Min. napięcie wejściowe / startowe	180 V
Maks. wejściowy prąd roboczy	36 A
Maks. prąd zwarciov	55 A
Liczba MPPT	4
Liczba wejść na każdym MPPT	2
Moc znamionowa	50 000 W
Napięcie wyjściowe	230 / 400 V
Prąd znamionowy	83,4 / 78,9 A
Zakres napięcia baterii	120 – 800 V
Maksymalny prąd ładowania / rozładowania	50 / 50 A
Typ ogniwa	Li-Ion

Tab. 2 Parametry falowników

3.4 Magazyn energii elektrycznej

Magazyn energii to urządzenie służące do przechowywania energii elektrycznej, umożliwiające jej wykorzystanie w późniejszym czasie. Najczęściej współpracuje z instalacjami fotowoltaicznymi, gromadząc nadwyżki wyprodukowanej energii, które mogą być wykorzystane w okresach zwiększonego zapotrzebowania lub mniejszej produkcji. Magazyn energii jest integrowany z istniejącą instalacją elektryczną budynku poprzez podłączenie go do falownika hybrydowego, który przekształca prąd stały (DC) z magazynu na prąd zmienny (AC) używany w gospodarstwie domowym oraz umożliwia ładowanie magazynu energią z sieci lub instalacji PV. System zarządzania energią (EMS) monitoruje i optymalizuje pracę magazynu, zapewniając efektywne wykorzystanie zgromadzonej energii. Magazyn energii powinien być zainstalowany w suchym, dobrze wentylowanym pomieszczeniu o stabilnej temperaturze, takim jak garaż, piwnica czy pomieszczenie techniczne. Zalecany zakres temperatury pracy to od 5°C do 40°C, a wilgotność względna nie powinna przekraczać 85%. W przypadku magazynów przeznaczonych do montażu na zewnątrz, należy upewnić się, że posiadają odpowiednią klasę ochrony (np. IP54 lub wyższą) oraz są przystosowane do pracy w niższych temperaturach.

W przedmiotowej instalacji magazyn energii elektrycznej zabudowany zostanie w miejscu, w którym zabudowany zostanie falownik hybrydowy (w nowoprojektowanym magazynie zgodnie z rzutami w części rysunkowej). Na potrzeby nowoprojektowanej instalacji fotowoltaicznej przewiduje się zastosowanie magazynu, którego parametry zamieszczone zostały w poniższej tabeli:

	Magazyn energii
Typ ogniwa	LiFePO4
Liczba modułów	12
Pojemność znamionowa	61,44 kWh
Pojemność użytkowa	55,29 kWh
Napięcie znamionowe	614,4 V
Napięcie robocze	538 V ~ 691 V

Maksymalny prąd ładowania	100A
Maksymalny prąd rozładowania	100A
Klasa szczelności	IP20

Tab. 3 Parametry magazynu energii

3.5 Rozdzielnice prądu stałego i prądu przemiennego

Na potrzeby instalacji projektuje się dwie nowe rozdzielnice - prądu stałego (R-DC) i prądu przemiennego (R-AC) – umieszczone wewnątrz dedykowanego na potrzeby instalacji fotowoltaicznej magazynu (patrz pkt. 3.9). Zasilanie oraz podłączenie rozdzielnic wykonać zgodnie ze schematem instalacji fotowoltaicznej. Wewnątrz rozdzielnic zamieszczona zostanie aparatura zabezpieczająca elementy nowoprojektowanej instalacji fotowoltaicznej. Zamontowane aparaty i urządzenia oznaczone zostaną napisami: wewnątrz na aparatach i urządzeniach i na zewnątrz na osłonach. Oznaczenia wewnętrzne muszą się zgadzać z planami i schematami instalacji. Przy oznaczeniach zewnętrznych należy podać nazwę urządzenia odbiorczego. Przewody i kable należy oznaczać na obydwu końcach. Przejścia kabli zasilających poszczególne rozdzielnice elektryczne oraz inne urządzenia, przy przejściu przez przegrody pożarowe należy uszczelnić masą ognioodporną np. prod. HILTI lub zastosować bariery ognioodporne np. EZ-Path prod. Cablofil.

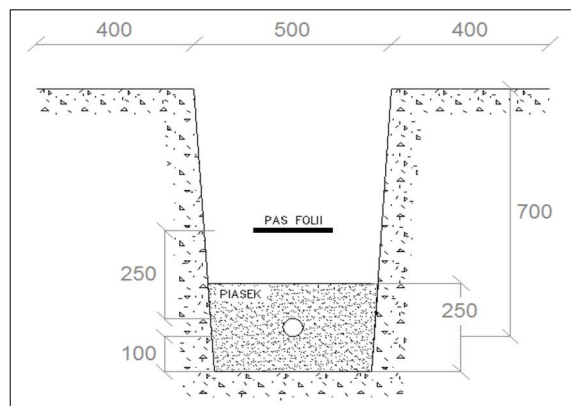
3.6 Zastosowane przewody i złącza prądu stałego

Wyprodukowana w modułach oraz zmagazynowana w magazynie energia elektryczna doprowadzona zostanie do falownika przewodami w podwójnej izolacji posiadającym odporność na promieniowanie UV i zmienne warunki atmosferyczne, dedykowanym do zastosowania w instalacjach fotowoltaicznych. Zaprojektowano przewody solarne produkcji o przekroju 4mm² (dla modułów fotowoltaicznych) oraz 6mm² (dla magazynu energii) i kolorystyce umożliwiającej rozróżnienie polaryzacji (czerwony i czarny). Połączenia DC zaprojektowano za pomocą złączy MC-PV-4 produkcji Muiltcontact dedykowanych do zastosowań fotowoltaicznych. Trasy kablowe należy wyznaczyć w taki sposób, aby nie stworzyć zjawiska tzw. pętli indukcyjnej. Przewody układać na konstrukcjach wsporczych z wykorzystaniem elektroinstalacyjnych rur ochronnych odpornych na promieniowanie UV.

3.7 Zastosowane przewody prądu przemiennego

Przewody instalacyjne prądu przemiennego odpowiadają za odprowadzenie energii elektrycznej z falownika do instalacji elektrycznej obiektu i sieci elektroenergetycznej. Na podstawie obliczeń technicznych dobrano kable YKY 5x25mm² oraz YAKY 4x120mm². Przewody ułożone zostaną kolejno w relacji „falownik – rozdzielnica R-AC – rozdzielnica główna”. Dodatkowo z uwagi na konieczność zapewnienia ogrzewania oraz wentylacji magazynu nawet w przypadku braku produkcji energii elektrycznej należy doprowadzić dodatkową linię kablową YKY 5x4mm² doprowadzającą do rozdzielnicy zasilanie sieciowe. Zasilanie wykonać z rozdzielnicy głównej z wykorzystaniem istniejącego obwodu rezerwowego.

Wewnątrz magazynu oraz rozdzielni głównej kable należy prowadzić w korytach kablowych oraz z wykorzystaniem istniejącej infrastruktury technicznej, natomiast kable biegnące w terenie (w ziemi) należy układać na głębokości 0,70 m od poziomu terenu na dnie wykopu o wymiarach podanych na rys. obok. Kable powinny być ułożone na 10 cm warstwie piasku, a następnie zasypane taką samą grubością. W odległości co najmniej 25 cm od kabli należy umieścić pasy folii ze sztucznego tworzywa o grubości nie mniejszej niż 0,50 mm i szerokości pokrywającej leżące pod nią kable jednak nie mniejszej niż 20 cm. Folia powinna mieć kolor niebieski. Ze względu na możliwe kolizje z instalacjami branżowymi oraz utwardzenie terenu w postaci wewnętrznej drogi kable należy prowadzić w rurze ochronnej, karbowanej typu DVK50.



3.8 Aparatura zabezpieczająca

W przedmiotowym budynku zabudowano wyłącznik przeciwpożarowy prądu, który należy dostosować do obowiązujących norm oraz standardów (poza zakresem opracowania). Po stronie napięcia stałego zastosowano następujące zabezpieczenia:

- ograniczniki przepięć PV 3P I+II (B+C)1100VDC,
- podstawy bezpiecznikowe DC 2P z wkładkami bezpiecznikowymi 10x38mm 20A gPV 1000V DC CH10,
- rozłącznik izolacyjny wbudowany w strukturę falownika.

Jako zabezpieczenie strony napięcia przemiennego zastosowano:

- rozłącznik bezpiecznikowy 22x58 100A 3P,
- ogranicznik przepięć 12,5kA/275V, I+II (B+C).

Dodatkowo w tablicy TG2 zlokalizowanej w wiatrolapie należy zabudować rozłącznik bezpiecznikowy 3P 63A z wkładkami bezpiecznikowymi typu D02 gG 32A 500V AC.

Ochrona przeciwporażeniowa zapewniona jest przez ochronę przed dotykiem bezpośrednim przez izolowanie części znajdujących się pod napięciem oraz przez ochronę przed dotykiem pośrednim w przypadku uszkodzenia izolacji przez samoczynne szybkie wyłączenie. W instalacjach elektrycznych należy stosować układy z odrębnym przewodem ochronnym PE i neutralnym N (układ TN-S, TT, rzadziej TN-C-S z uziemionym rozdziałem przewodu ochronno-neutralnego PEN). Przepisy wymagają także stosowanie uziemionych połączeń wyrównawczych pomiędzy elementami przewodzącymi instalacji elektrycznej.

3.9 Uziemienie

Przewiduje się wykonanie uziemienia szpilkowego, dedykowanego wyłączenie dla nowoprojektowanej instalacji fotowoltaicznej. Wartość rezystancji uziemienia nie może przekraczać wartości 10Ω. Uziemienie należy połączyć z szyną PE rozdzielnicy R-AC, w której wykonany zostanie rozdział instalacji.

3.10 Magazyn

Z uwagi na odległość projektowanej instalacji elektrycznej od budynku oraz konieczność zapewnienia falownikowi oraz magazynowi energii odpowiednich warunków pracy na terenie działki 1535/54 posadowiony zostanie prefabrykowany, wolnostojący magazyn (garaż blaszany), w którym zabudowana zostanie część elementów nowoprojektowanej instalacji fotowoltaicznej. Projektowany magazyn należy posadowić przygotowanym wcześniej utwardzonym i wypoziomowanym podłożu w postaci płyty betonowej o wymiarach 2,0x3,0x0,15m lub kostki brukowej. Wymiary magazynu oraz propozycja rozmieszczenia elementów instalacji fotowoltaicznej w jego wnętrzu przedstawiona została na rysunku E-02. Magazyn umieszczony zostanie w pasie zieleni w miejscu wskazanym na rysunku E-01. Wewnątrz magazynów oprócz elementów instalacji fotowoltaicznej należy wyposażyć w system wentylacji mechanicznej (w przypadku wzrostu temperatury powyżej 35°C), ogrzewania (w przypadku spadku temperatury poniżej 0°C), gniazdo serwisowe 230V 16A IP44 oraz oprawę LED 30W IP65.

3.11 Opis przyłączenia instalacji PV do sieci elektroenergetycznej

Projektowana instalacja pracować będzie autonomicznie tj. nie przewiduje się wykonania podłączenia do sieci elektroenergetycznej. W ramach opracowania przewiduje się jedynie doprowadzenie kabla zasilającego AC do rozdzielnicy głównej budynku, gdzie zakończony zostanie na istniejącym rozłączniku bezpiecznikowym RBK-00. Z projektowanej instalacji fotowoltaicznej zasilone zostaną wybrane obwody wewnętrznej instalacji elektrycznej budynku. Obwody wybrane zostaną na podstawie analizy bieżącego zużycia energii elektrycznej oraz chwilowej mocy – poza zakresem opracowania.

3.12 Zakres prac instalacyjnych oraz wytyczne w zakresie wykonania instalacji

Planowany przebieg prac:

- dostawa wszystkich elementów instalacji fotowoltaicznej,
- doprowadzenie linii zasilających do falownika,
- montaż modułów fotowoltaicznych,
- ułożenie przewodów łączących moduły fotowoltaiczne,
- ułożenie przewodów łączących moduły fotowoltaiczne z falownikiem,
- montaż falowników i zabezpieczeń strony DC i AC,
- montaż magazynu energii elektrycznej,
- połączenie modułów oraz magazynu z falownikiem,
- podłączenie instalacji fotowoltaicznej do wewnętrznej instalacji elektrycznej,
- sprawdzenie pracy układu oraz wykonanie pomiarów instalacji,
- uporządkowanie terenu i przekazanie gotowego układu do eksploatacji inwestorowi,
- przeszkolenie wskazanych osób w zakresie obsługi oraz procedur w przypadkach nieprawidłowej pracy instalacji,

Wytyczne w zakresie wykonania instalacji:

- w przypadku montażu instalacji fotowoltaicznej na dachach pola modułów fotowoltaicznych najlepiej lokalizować na podłożu niepalnym, lub zawierającym niepalną izolację cieplną. Jeżeli w danej lokalizacji występują tylko dachy pokryte materiałem palnym, pole modułów PV powinno się sytuować w taki sposób, aby dolna krawędź modułu była minimum 10 cm nad pokryciem dachu.
- po stronie DC należy wykonać połączenia za pomocą szybkozłączki jednego typu i jednego producenta. Przy połączeniu do falownika należy stosować szybkozłączka 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 wkrętaki i klucze dynamometryczne. Wszystkie błędy związane z niewłaściwym momentem dokręcenia mogą przełożyć się na nadmierne nagrzewanie się połączeń co może skutkować pożarem.
- na dachach płaskich należy stosować metalowe kanały kablowe, bez ostrych krawędzi.
- 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.
- po wykonaniu instalacji należy przeprowadzić badanie kamerą termowizyjną. Badanie to umożliwia wykryć urządzenie bądź element, który z uwagi na nieprawidłową pracę lub montaż generuje niebezpiecznie wysoką temperaturę. Badanie należy wykonać w czasie słonecznej pogody. Zgodnie z normą natężenie promieniowania słonecznego powinno być większe niż 400 W/m², a optymalnie ponad 600 W/m². Przed rozpoczęciem badania instalacja PV musi pracować przynajmniej kilkanaście minut.

3.13 Informacje dotyczące ochrony środowiska

Zgodnie z przepisami ustawy z dnia 11 września 2015 r. o zużytym sprzęcie elektrycznym i elektronicznym zabronione jest umieszczanie łącznie z innymi odpadami zużytego sprzętu oznakowanego symbolem przekreślonego kosza. Zużyte elementy instalacji fotowoltaicznej oznaczone takim symbolem należy oddać do odpowiedniego punktu prowadzonego m. in. przez sprzedawców gminne jednostki organizacyjne prowadzące działalność w zakresie odbierania odpadów.

3.14 Konserwacja i eksploatacja instalacji fotowoltaicznej

Zaprojektowana instalacja fotowoltaiczna zaprojektowana została jako bezobsługowa, wobec czego nie są wymagane dodatkowe działania w trakcie jej eksploatacji, natomiast w celu zapewnienia poprawnej pracy elektrowni słonecznej, eliminacji przerw w dostawie energii oraz zmniejszenia ryzyka pojawienia się usterek zaleca się:

- raz w miesiącu (lub po wystąpieniu gwałtownych zjawisk pogodowych jak gradobicie, wichura, burza z piorunami, itp.) wykonanie:
 - oględzin modułów fotowoltaicznych w celu zlokalizowania ewentualnych uszkodzeń takich jak pęknięcia, przebarwienia, skorodowania,
 - oględzin uszkodzeń kabli oraz tras kablowych pod kątem uszkodzenia izolacji lub przzerwania ciągłości obwodów,
 - oględzin falownika pod kątem jego aktywności oraz działania
- dwa razy w roku (najlepiej w okresie wiosennym oraz późno jesiennym) wykonać czyszczenie modułów fotowoltaicznych celem usunięcia zgromadzonych na nich pyłów, liści, osadów, itp.
- raz w roku wykonanie pełnej inspekcji instalacji fotowoltaicznej pod kątem:
 - sprawdzenia połączeń skręcanych konstrukcji wsporczej instalacji,
 - sprawdzenia połączeń elektrycznych oraz aparatury elektrycznej rozdzielnic,
 - sprawdzenia falownika (działanie oraz stan wizualny),
 - ciągłości przewodów uziemiających i wyrównawczych,
- raz na pięć lat, zgodnie z obowiązującymi przepisami należy wykonać pomiary instalacji elektrycznej w tym instalacji fotowoltaicznej oraz dodatkowo badanie termowizyjne elementów instalacji.

Ze względu na ryzyko porażenia prądem elektrycznym, upadku z wysokości lub uszkodzenia instalacji wskutek nieodpowiednio przeprowadzonych prac konserwacyjnych, wyżej wymienione czynności należy zlecić uprawnionemu elektroinstalatorowi.

III. BEZPIECZEŃSTWO PRZECIWOŻAROWE

1. Charakterystyka zagrożenia pożarowego

Celem rozdziału opracowania jest wskazanie warunków ochrony przeciwpożarowej dla nowoprojektowanej instalacji fotowoltaicznej. Zakres opracowania obejmuje wybrane 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). Z uwagi na projektowaną moc instalacji niniejszy projekt podlega 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.). Akty prawne i normy stanowiące podstawę opracowania:

- Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 roku o ochronie przeciwpożarowej (Dz. U. z 2016 r., poz. 191 tekst jednolity).
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. z 2017 r. poz. 2285).
- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 2 grudnia 2015 roku w sprawie uzgadniania projektu budowlanego pod względem ochrony przeciwpożarowej (Dz. U. z 2015r., poz. 2117).
- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 roku w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. z 2010 r. nr 109, poz. 719)
- Ustawa Prawo Budowlane z dnia 7 lipca 1994 r. (Dz. U. 2019 poz. 1186 z późn. zm.)
- PN-HD 60364-7-712:2016 Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 7 –712: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji – Fotowoltaiczne (PV) układy zasilania;
- PN-EN IEC 61730-1:2018-06 Ocena bezpieczeństwa modułu fotowoltaicznego (PV) – Część 1: Wymagania dotyczące konstrukcji;
- PN-EN IEC 61730-2:2018-06 Ocena bezpieczeństwa modułu fotowoltaicznego (PV) – Część 2: Wymagania dotyczące badań.
- PN-EN 62446-1:2016-08 oraz PN-EN 62446-1:2016-08/A1:2019-01 Systemy fotowoltaiczne (PV) – Wymagania dotyczące badań, dokumentacji i utrzymania – Część 1: Systemy podłączone do sieci – Dokumentacja, odbiory i nadzór;

2. Charakterystyka zagrożenia pożarowego projektowanej instalacji PV

Zgodnie z danymi opublikowanymi przez BRE National Solar Centre, niezależny instytut badawczy z Wielkiej Brytanii w publikacji „Fire and Solar PV Systems – Investigations and Evidence in July 2017” - prawidłowo zaprojektowana oraz eksploatowana instalacja nie stwarza zwiększonego ryzyka powstania pożaru w budynku. Podobne wnioski płyną również z innych raportów opublikowanych m.in. przez TÜV Rheinland we współpracy z Instytutem Systemów Energetyki Słonecznej im. Fraunhofera gdzie wskazuje się, że pożary wywołane przez system PV stanowią zaledwie 0,016% w odniesieniu do wszystkich instalacji fotowoltaicznych powstałych w Niemczech. Analiza wykazała, że ponad 70% pożarów wynika z wpływów zewnętrznych (poza urządzeniem) lub błędów montażowych. Zaledwie 10% przyczyn wszystkich pożarów jest usterką falownika. Szczegółowa analiza przyczyn awarii dla zdarzeń pożarowych wskazała wystąpienie łuku elektrycznego jako główną przyczynę pożarów z udziałem systemów fotowoltaicznych. Wystąpienie łuku wynika przede wszystkim:

- nieprawidłowego użycia złązek (źle dobrane, niekompatybilne),
- nieprawidłowo zaciśnięte styki złącza,
- brak prawidłowego zatrząśnięcia wtyk lub gniazd powstałe w wyniku błędów montażowych,
- błędnie wykonane połączenia umożliwiające wnikanie wilgoci w złączach, skrzynkach połączeniowych i przełącznikach,
- poluzowanie zacisków śrubowych w puszkach przyłączeniowych lub wyłącznikach izolacyjnych powstałe najczęściej w wyniku błędów montażowych
- złe, niezgodne ze sztuką wykonane lutowanie połączenia w skrzynce przyłączeniowej modułu PV,
- nieprawidłowego podłączenia izolatorów przepięć lub - w przypadku zewnętrznych puszek - zastosowanie w nieodpowiedniej klasie zabezpieczenia przed czynnikami zewnętrznymi, w wyniku uszkodzenia izolacji, kabla lub zbyt dużego kąta gięcia kabli.

3. Informacje o kategorii zagrożenia ludzi przedmiotowego budynku

Budynek dla którego projektowana jest instalacja fotowoltaiczna, to budynek sklasyfikowany został jako produkcyjna-magazynowy (PM).

4. Miejsce montażu paneli fotowoltaicznych, falownika oraz sposób przeprowadzenia przewodów DC pomiędzy modułami a falownikiem

Moduły instalacji fotowoltaicznej zlokalizowane będą na konstrukcji gruntowej natomiast montaż falownika oraz magazynu energii przewiduje się wykonać w dedykowanym, wolnostojącym magazynie (garażu blaszanym). Trasa przewodu DC od modułów do falowników przewidziana jest w następujący sposób: przewód DC będzie przebiegał w rurkach ochronnych, elektroinstalacyjnych na konstrukcjach wsporczych modułów fotowoltaicznych, a następnie w terenie w rurach ochronnych na głębokości ok. 70cm. Wewnątrz magazynu przewody prowadzone będą w korytach kablowych naściennie.

5. Przewidywana gęstość obciążenia ogniowego

Dla przedmiotowego budynku gęstości obciążenia ogniowego nie oblicza się. Gęstość obciążenia pojedynczych pomieszczeń technicznych oraz innych przestrzeni PM będzie wynosiła do 500 MJ/m².

6. Ocena zagrożenia wybuchem pomieszczeń oraz przestrzeni zewnętrznych

Przyjęta funkcja poszczególnych segmentów budynku nie przewiduje występowania substancji mogących powodować występowanie stref zagrożenia wybuchem – w tym również na dachu tj. brak zlokalizowanych kanałów wentylacji bezpieczeństwa pracującej w strefach lub pomieszczeniach zagrożonych wybuchem. Dla projektowanego budynku nie przyjmuje się dodatkowych obostrzeń z uwagi na lokalizację komponentów instalacji fotowoltaicznej.

7. Informacje o stopniu rozprzestrzeniania ognia elementów budowlanych

W budynku zaprojektowano instalację, które nie stanowi przekrycia dachu których mowa § 216, § 218 §219 §235 §271 §274 §287 w Warunkach Technicznych, zatem nie określa się w tym przypadku konieczności stosowania paneli odpowiedniej klasyfikacji w zakresie odporności dachów na ogień zewnętrznych zgodnie np. Polską Normą PN-ENV 1187:2004 „Metody badań oddziaływania ognia zewnętrznego na dachy”; badanie 1. Warunkiem stosowania komponentów PV w przedmiotowym budynku jest zaprojektowanie instalacji w oparciu o urządzenia dopuszczonych do stosowania z odpowiednimi normami i zawartymi w nich wymaganiami bezpieczeństwa w tym palności. Należy stosować moduły wykonane z tworzyw o klasie reakcji na ogień typu „C” (trudno zapalne).

8. Podział obiektu na strefy pożarowe oraz strefy dymowe

Nie dotyczy.

9. Informacje o usytuowaniu z uwagi na bezpieczeństwo pożarowe, w tym o odległości od obiektów sąsiadujących

Projektowana instalacja fotowoltaiczna pozostaje bez wpływu na wymagania w zakresie usytuowania względem sąsiednich obiektów, granicy działki oraz dróg stanowiących dojazd dla ekip ratowniczych oraz dróg pożarowych.

10. Informacje o warunkach i strategii ewakuacji ludzi lub ich uratowania w inny sposób

Projektowana instalacja PV nie ingeruje w parametry dotyczące dojścia i przejścia ewakuacyjnego. Te dla przedmiotowego obiektu pozostają bez zmian.

11. Informacje o sposobie zabezpieczenia przeciwpożarowego instalacji PV, a także rozwiązania zmniejszające ryzyko powstania pożaru

W przedmiotowym projekcie instalacji fotowoltaicznej trzymano się następujących zasad wiedzy technicznej mających na względzie zminimalizowanie ryzyka powstania pożaru:

- Połączenia DC zaprojektowano za pomocą szybkozłączek tego samego typu i producenta.
- Zminimalizowano w instalacji ilość połączeń DC.
- Trasy kablowe będą odpowiednio oznakowane „Niebezpieczeństwo – wysokie napięcie DC w ciągu dnia obecne po wyłączeniu instalacji”.
- W pomieszczeniu falownika kable lub przewody należy prowadzić w kanałach elektroinstalacyjnych lub rurkach elektroinstalacyjnych z wyłączeniem obszaru bezpośrednio przy falowniku, gdzie przewody mogą być wyprowadzone bez osłon, jednak nie więcej niż 40 cm bezpośrednio przy ścianach i pod sufitami na odpowiednio przygotowanych konstrukcjach nośnych
- W przypadku montowania falownika fotowoltaicznego wewnątrz budynku należy lokalizować go w pomieszczeniu zdolnym do odprowadzenia energii cieplnej wydzielanej przez falownik, przy założeniu, że 5% mocy nominalnej falownika może być wyemitowane w postaci energii cieplnej.
- Temperatura pomieszczenia w którym jest falownik nie powinna przekraczać 35 °C, chyba że producent falownika dopuszcza pracę w wyższej temperaturze.
- Falownik fotowoltaiczny musi mieć zapewnioną przestrzeń wentylacyjną zgodnie w wymogami danego producenta. Falownika fotowoltaicznego nie należy zabudowywać bez zapewnienia wymaganej wentylacji będącej w stanie odprowadzić wydzielaną energię cieplną.
- Falownik fotowoltaiczny powinien być montowany na podłożu niepalnym o klasie reakcji na ogień nie gorszej niż A2 (niepalne). Wyklucza się montaż falownika na płytach drewnianych, drewnopochodnych, z tworzyw sztucznych itp.

12. Wyposażenie w gaśnice

Nie dotyczy.

13. Przeciwpowozarowy wylacznik pradu PWP

Zgodnie z przeprowadzoną wizją lokalną budynku zapewniony został PWP i znajduje się w wiatrołapie w rozdzielni głównej, jednak nie spełnia on obowiązujących obecnie norm oraz standardów. Przeciwpowozarowy wylacznik pradu powinien zostać umieszczony na zewnątrz budynku (lub w wydzielonej powozarowo strefie) i jako zestaw przeciwpowozarowego wylacznika pradu w calosci (obudowa oraz wyposazenie) stanowić certyfikowany zestaw do zastosowania w obiektach budowlanych tj. posiadac Krajową Ocene Techniczną, certyfikat stalosci wlasciwosci uzytkowych oraz Krajową Deklarację Wlasciwosci Uzytkowych. Nalezy zweryfikowac zasadnosc jego montazu i dostosowac go do obowiązujących obecnie norm oraz standardów – poza zakresem niniejszego opracowania.

14. Sposob zapewnienia bezpieczenstwa dla ekip ratowniczo-gasnicznych

W budynku obwody DC majace szczegolne znaczenie dla sluzb podczas prowadzenia dzialan ratowniczych. Obwod pradu stalego (okablowanie DC) znajduje się pomiedzy elementami generatora slonecznego a falownikiem. Napięcie DC w tym obwodzie najczesciej zawiera się w zakresie 250–900 V, w wybranych instalacjach moze być jeszcze wyzsze. Do porazenia pradem stalym moze dojść w przypadku kontaktu (dotknienia) jednoczesnie biegunów dodatniego i ujemnego. Podczas dzialan ratowniczych i awaryjnych stanów pracy instalacji PV szczegolne zagrozenie stanowia uszkodzenia elementow instalacji PV, w tym przede wszystkim okablowania. Do przeniesienia napięcia moze dojść np. na ramie/mocowaniu uziemionego modulu PV poprzez wyrównanie potencjalów. Takie przeniesienie napięcia moze doprowadzić do porazenia pradem przy dotknieniu (poruszeniu) innego przewodu. Do porazenia moze dojść rowniez w przypadku bezposredniego kontaktu z uszkodzonym przewodem DC w budynku. Dlatego przyjęte zabezpieczenia maja na celu zminimalizowanie ryzyka porazenia pradem elektrycznym. Bezpieczenstwo ekip ratowniczo-gasnicznych zapewniono poprzez montaz calosci instalacji na zewnątrz budynku. Takie rozwiazanie calkowicie wyklucza narazenie strazaków na porazenie pradem elektrycznym w przypadku prowadzenia dzialan wewnątrz budynku. Po stronie zewnetrznej sama instalacja nie stanowi szczegolnego zagrozenia, poniewaz jednostki ratowniczo-gasniczne posiadaja opracowane procedury gaszenia instalacji PV. Jednoczesnie budynek będzie posiadal stosowne oznaczenia informujace o tym, że w budynku występuje instalacja PV oraz zostana oznaczone przebiegi tras DC.

15. Plan instalacji fotowoltaicznej dla ekip ratowniczych

Po wykonaniu instalacji fotowoltaicznej w budynku, należy złożyć zawiadomienie do Państwowej Straży Pożarnej. Do zawiadomienia należy dołączyć kartę informacyjną czyli plan instalacji fotowoltaicznej dla ekip ratowniczych. Kluczowe dla organów PSP jest pozyskanie podstawowych informacji na temat danej instalacji PV. Część graficzna powinna zawierać:

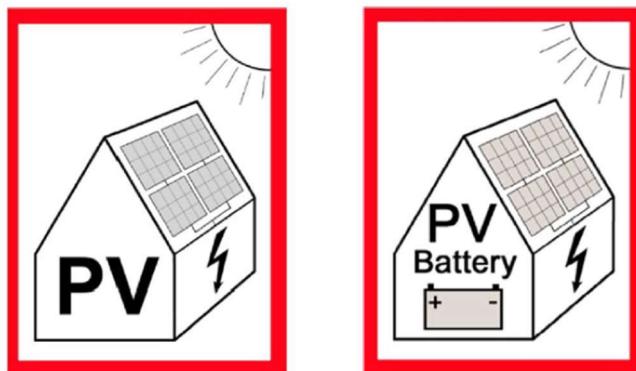
- lokalizację falownika/ów PV, magazynu energii oraz falownika,
- miejsca usytuowania elementu (np. rozłącznika) zapewniającego odłączenie napięcia po stronie DC falownika (nawet jeśli stanowi wyposażenie falownika PV),
- przebieg tras przewodów prądu stałego (po stronie DC) pozostających pod napięciem,
- opcjonalnie przebiegu tras kablowych prądu przemiennego,
- legendę zastosowanych oznaczeń graficznych i literowych,
- wskazanie osób lub podmiotów opracowujących plan oraz datę jego opracowania.

16. Oznakowanie budynku

Obiekty, w których zamontowana jest instalacja PV, powinny być oznakowane. Odpowiednie oznakowanie i plan instalacji fotowoltaicznej obiektu są dla ekip ratowniczych istotnym elementem mającym wpływ na szybkie przeprowadzenie rozpoznania i podjęcie właściwych decyzji. Są one pomocne zarówno dla osób znajdujących się w środku, jak i na zewnątrz budynku. Informują między innymi o lokalizacji wyłączników DC. Piktogramy informujące o zastosowaniu instalacji PV powinny być umieszczone:

- w rozdzielni głównej budynku,
- obok głównego licznika energii (jeśli jest oddalony od rozdzielni głównej),
- obok głównego wyłącznika,
- w rozdzielnicy, w której instalacja fotowoltaiczna przyłączona jest do instalacji elektrycznej budynku.

Schemat instalacji fotowoltaicznej (plan instalacji fotowoltaicznej dla ekip ratowniczych) umieścić w miejscu łatwo dostępnym dla ratowników, np. szafce przyłącza elektrycznego do budynku.



Rys. 2

17. Woda do zewnętrznego gaszenia pożaru oraz drogi pożarowe

Projektowana instalacja fotowoltaiczna w budynku nie powoduje dodatkowych obostrzeń w zakresie ilości wody potrzebnej do zewnętrznego gaszenia pożaru a także nie ingeruje w zasady prowadzenia dróg pożarowych do obiektu.

IV. OBLICZENIA TECHNICZNE

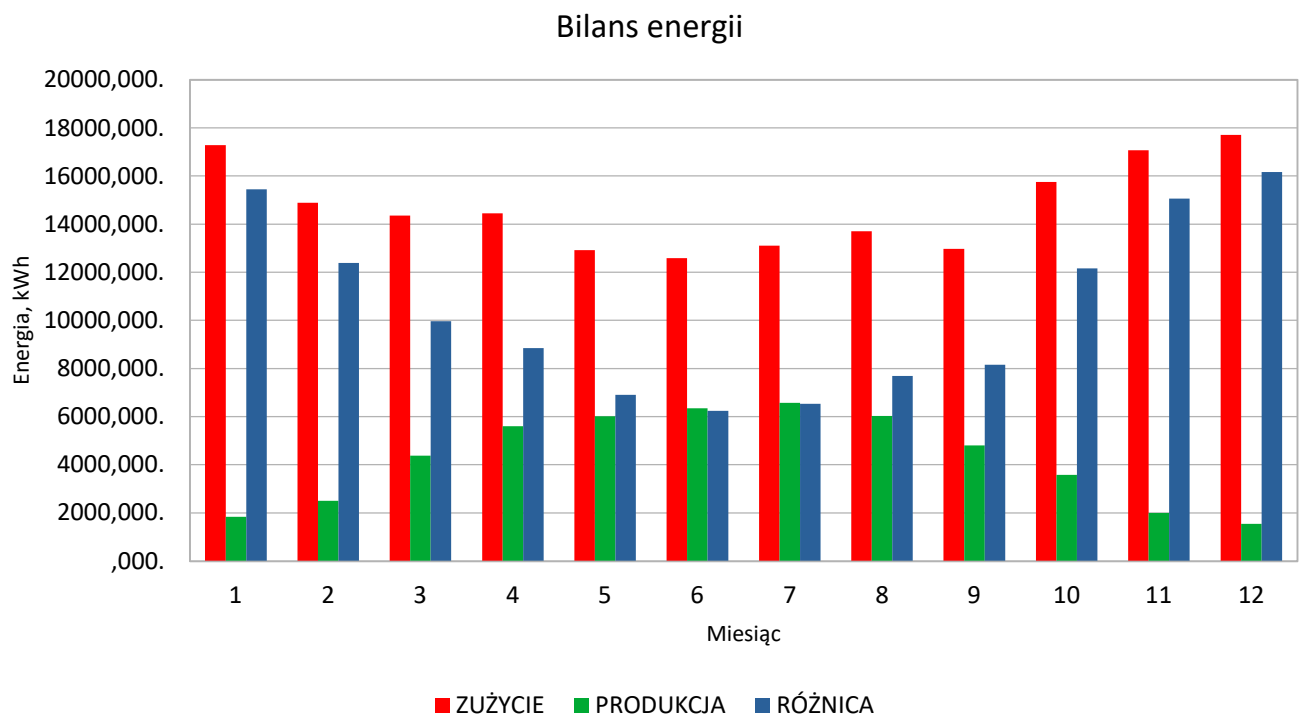
1. Bilans

Doboru wielkości instalacji fotowoltaicznej dokonano na podstawie comiesięcznych odczytów zużycia energii elektrycznej oraz symulacji efektywności nowoprojektowanej instalacji. W symulacji przyjęto następujące parametry:

L. p.	Parametr	Wartość
1.d	Szerokość geograficzna	50° 03' 31.7" N
2.	Przyjęta moc instalacji	49,50 kW
3.	Straty w systemie	14%
4.	Nachylenie paneli	25°
5.	Azymut	-9°

Tab. 3 Parametry symulacji

Wyniki symulacji naniesiono na poniższą charakterystykę oraz zestawiono je z odczytami z liczników.



Wyk. 1 Charakterystyka bilansu energii elektrycznej

Z powyższej charakterystyki wynika, że energia generowana przez nowoprojektowaną instalację fotowoltaiczną nie pokrywa całkowitego zapotrzebowania na energię elektryczną w ciągu całego roku rozliczeniowego, a jedynie zmniejsza zużycie energii pobieranej z sieci, zatem stwierdza się, że moc projektowanej instalacji fotowoltaicznej dobrana została w sposób prawidłowy. Zastosowanie magazynu energii umożliwi przechowanie wyprodukowanej energii elektrycznej w trakcie zmniejszonego zapotrzebowania, a następnie jej wykorzystanie w godzinach wieczornych oraz w nocy.

Dla danego przypadku zakłada się magazyn energii o pojemności stanowiącej 12% dziennego zużycia energii elektrycznej. Na podstawie miesięcznych odczytów obliczono wartość średnią dziennego zużycia energii elektrycznej i wynosi ona 484,33kWh/dzień.

$$E_m = 484,33 \text{ kWh}, k_m = 0,12$$

$$E_{ES} = k_m \cdot E_m = 0,12 \cdot 484,33 = 58,12 \text{ kWh}$$

E_m – średnie, dzienne zapotrzebowanie na energię elektryczną, kWh

k_m – współczynnik zmniejszający, kWh

E_{ES} – wymagana pojemność magazynowania, kWh

Dobrano magazyn energii o pojemności 61,44 kWh.

1. Moc instalacji fotowoltaicznej

Moc projektowanej instalacji fotowoltaicznej DC obliczono w oparciu o dane modułu fotowoltaicznego, zgodnie z równaniem:

$$P_{PV} = L_M \cdot P_{STCPV} = 550 \cdot 90 = 49500W$$

gdzie:

P_{PV} – moc instalacji fotowoltaicznej, W

L_M – liczba modułów fotowoltaicznych w instalacji, szt.

P_{STCPV} – moc jednostkowa modułu fotowoltaicznego, W

Moc wejściowa instalacji fotowoltaicznej wynosi 49,50kW. Maksymalna moc wyjściowa instalacji fotowoltaicznej równa jest maksymalnej mocy wyjściowej falownika. Zastosowano falownik o maksymalnej mocy wyjściowej 50kW.

2. Moduły fotowoltaiczne

2.1. Wyznaczenie parametrów skrajnych modułu

Parametry elektryczne dla skrajnych warunków można wyznaczyć przy pomocy wzorów:

$$\bullet \quad I_{SCmax} = I_{SC} \cdot 1,25 = 14,00 \cdot 1,25 = 17,50A$$

gdzie:

I_{SCmax} - maksymalny prąd zwarcia modułu,

I_{SC} - prąd zwarcia modułu w warunkach STC,

$$\bullet \quad U_{OC-25^{\circ}C} = V_{OC} - V_{OC} \cdot \Delta T \cdot \beta V_{OC} = 41,96 - 41,96 \cdot 50 \cdot (-0,275) = 56,76V$$

gdzie:

$U_{OC-25^{\circ}C}$ - napięcie obwodu otwartego modułu dla temperatury ogniwa $-25^{\circ}C$,

V_{OC} - napięcie obwodu otwartego modułu w warunkach STC,

ΔT - zmiana temperatury,

βV_{OC} - współczynnik temperaturowy napięcia.

$$\bullet \quad U_{OC70^{\circ}C} = V_{OC} - V_{OC} \cdot \Delta T \cdot \beta V_{OC} = 41,96 + 41,96 \cdot 50 \cdot (-0,275) = 43,04V$$

gdzie:

$U_{OC70^{\circ}C}$ - napięcie obwodu otwartego modułu dla temperatury ogniwa $70^{\circ}C$,

V_{OC} - napięcie obwodu otwartego modułu w warunkach STC,

ΔT - zmiana temperatury,

βV_{OC} - współczynnik temperaturowy napięcia.

3. Dobór inwertera

3.1. Warunek maksymalnej mocy wyjściowej

Producent określił wartość maksymalnej mocy wyjściowej inwertera i wynosi ona 80kW.

$$\bullet \quad P_{PV} \leq P_{N-MAX} \Rightarrow 49,50kW \leq 80,00kW - \text{warunek spełniony}$$

gdzie:
 P_{PV} - moc instalacji fotowoltaicznej, W
 P_{N-MAX} - maksymalna moc wejściowa inwertera.

3.2. Warunek napięcia rozruchowego falownika

Warunek sprawdzono dla łańcucha o najmniejszej ilości połączonych modułów.

- $U_{RF} \leq U_{minSZ} = l_{MPV} \cdot U_{OC70^{\circ}C} = 12 \cdot 43,04 = 516,47V$ - warunek spełniony

gdzie:
 U_{RF} - napięcie rozruchowe falownika,
 U_{minSZ} - minimalne napięcie szeregu modułów,
 l_{MPV} - liczba modułów połączonych szeregowo w jednym łańcuchu,
 $U_{OC70^{\circ}C}$ - napięcie obwodu otwartego modułu dla temperatury ogniwa $70^{\circ}C$.

3.3. Warunek maksymalnego napięcia wejściowego

Warunek sprawdzono dla łańcucha o największej ilości połączonych modułów.

- $U_{maxF} \geq U_{maxSZ} = l_{MPV} \cdot U_{OC-25^{\circ}C} = 16 \cdot 56,76 = 908,16V$ - warunek spełniony

gdzie:
 U_{maxF} - maksymalne napięcie wejściowe falownika,
 U_{maxSZ} - maksymalne napięcie szeregu modułów,
 l_{MPV} - liczba modułów połączonych szeregowo w jednym łańcuchu,
 $U_{OC-25^{\circ}C}$ - napięcie obwodu otwartego modułu dla temperatury ogniwa $-25^{\circ}C$.

3.4. Warunek maksymalnego prądu zwarcowego

- $I_{SCF} \geq 2 \cdot I_{SCmax} = 2 \cdot 17,50A = 35,00A$ - warunek spełniony

gdzie:
 I_{SCF} - maksymalny prąd zwarcowy falownika,
 I_{SCmax} - maksymalny prąd zwarcowy modułu.

3.5. Warunek maksymalnego prądu wejściowego

- $I_{MPF} \geq 2 \cdot I_{MP} = 2 \cdot 16,10 = 32,20A$ - warunek spełniony

gdzie:
 I_{MPF} - maksymalny prąd wejściowy falownika,
 I_{MPmax} - maksymalny prąd roboczy modułu.

3.6. Warunek zakresu napięć MPPT

Napięcie szeregu w warunkach NOCT nie może przekroczyć przedziału napięć MPPT. Warunek sprawdzono dla łańcuchów o najmniejszej i największej ilości podłączonych modułów.

- $U_{SZ} = U_{mpNOCT} \cdot l_{MPV}$

- dla łańcucha z 16 modułami: $U_{SZ} = 39,43 \cdot 16 = 630,88V$

- dla łańcucha z 12 modułami: $U_{SZ} = 39,43 \cdot 12 = 473,16V$

- $U_{MPPTmin} \leq U_{SZNOCT} \leq U_{MPPTmax}$

- dla łańcucha z 16 modułami: $U_{MPPTmin} \leq 630,88V \leq U_{MPPTmax}$ - warunek spełniony

- dla łańcucha z 12 modułami: $U_{MPPTmin} \leq 473,16V \leq U_{MPPTmax}$ - warunek spełniony

U_{SZNOCT} - napięcie szeregu modułów,

$U_{MPPTmin}$ - dolna granica zakresu napięcia MPPT falownika,
 $U_{MPPTmax}$ - górna granica zakresu napięcia MPPT falownika,
 U_{mpNOCT} - napięcie modułu fotowoltaicznego w warunkach NOCT,
 I_{MPV} - liczba modułów połączonych szeregowo w jednym łańcuchu.

4. Dobór przewodów DC

4.1. Warunek prądu dopuszczalnego długotrwale

Ponieważ nie przewiduje się połączeń równoległych na całej trasie DC, maksymalny prąd płynący w każdym łańcuchu DC to maksymalny prąd zwarcia modułu. Warunek sprawdzono dla przewodu o najmniejszym przekroju żyły.

- $I_{ZDC} \geq I_{SCmax} \Rightarrow 55,00A \geq 17,50A$ - warunek spełniony dla przewodów modułów PV

gdzie:

I_{ZDC} - prąd dopuszczalny długotrwale przewodu DC,
 I_{SCmax} - maksymalny prąd zwarcia modułu.

4.2. Warunek dopuszczalnego spadku napięcia

Spadek napięcia na przewodach DC nie powinien być większy niż 1%.

- $\Delta U_{\%} = \frac{I_{mpNOCT} \cdot l_{DC}}{U_{mpNOCT} \cdot I_{MPV} \cdot \gamma \cdot S_{DC}} \cdot 100\%$

gdzie:

$\Delta U_{\%DC}$ - procentowy spadek napięcia na przewodzie prądu stałego,
 I_{mpNOCT} - prąd modułu w punkcie mocy maksymalnej w warunkach NOCT,
 l_{DC} - długość obwodu DC,
 U_{mpNOCT} - napięcie modułu w punkcie mocy maksymalnej w warunkach NOCT,
 I_{MPV} - liczba modułów w szeregu,
 γ - konduktywność materiału żyły roboczej przewodu,
 S_{DC} - przekrój poprzeczny przyjętego przewodu DC.

Wyniki dla każdego łańcucha przedstawiono w poniższej tabeli:

Nr łańcucha	Długość łańcucha l_{DC}	Liczba modułów łańcucha I_{MPV}	Konduktywność przewodu γ	Przekrój przewodu S	Spadek napięcia $U_{\%DC}$
-	m. b.	Szt.	MS/m	mm ²	%
1.1	37	12	56,00	4,00	0,05 %
1.2	44	12	56,00	4,00	0,06 %
2.1	27	12	56,00	4,00	0,04 %
2.2	35	12	56,00	4,00	0,05 %
3.1	51	16	56,00	4,00	0,07 %
4.1	61	13	56,00	4,00	0,08 %
4.2	59	13	56,00	4,00	0,08 %

Tab. 4

5 Dobór przewodów AC

5.1. Warunek prądu dopuszczalnego długotrwale

Dla dobranych przewodów YKY 5x25mm² oraz YAKY 4x120mm² układanych naściennie w korytkach pełnych prąd dopuszczalny długotrwale wynosi kolejno 128A i 142A.

- $I_{dd} \geq I_{ACmax} \Rightarrow 125,00A \geq 83,40A$ - warunek spełniony
- $I_{dd} \geq I_{ACmax} \Rightarrow 242,00A \geq 83,40A$ - warunek spełniony

gdzie:

I_{dd} - prąd dopuszczalny długotrwale przewodu AC,
 I_{ACmax} - maksymalny prąd wyjściowy AC falownika

5.2. Warunek dopuszczalnego spadku napięcia

Spadek napięcia od licznika do odbiornika w nieprzemysłowych instalacjach elektrycznych nie powinien przekraczać 4% i w przypadku mikroinstalacji na przewodzie AC należy stosować tą samą zasadę.

- $\Delta U_{\%} = \frac{\sqrt{3} \cdot P_{ACFmax} \cdot l_{AC}}{U_N^2 \cdot \gamma \cdot S_{AC}} \cdot 100\%$
- $\Delta U_{\%-1} = \frac{\sqrt{3} \cdot 50000 \cdot 2}{400^2 \cdot 56 \cdot 25} \cdot 100\% = 0,08\%$ - przewód YKY 5x25mm²
- $\Delta U_{\%-2} = \frac{\sqrt{3} \cdot 50000 \cdot 175}{400^2 \cdot 33 \cdot 120} \cdot 100\% = 2,39\%$ - przewód YAKY 4x120mm²
- $\Delta U_{\%} = 0,08\% + 2,39\% = 2,47\%$ - przewód YAKY 4x120mm²

gdzie:
 $\Delta U_{\%AC3f}$ - procentowy spadek napięcia na przewodzie trójfazowym AC,
 P_{ACFmax} - maksymalna moc wyjściowa falownika,
 l_{AC} - długość przewodu AC,
 U_N - napięcie międzyfazowe,
 γ - konduktywność materiału żyły roboczej przewodu,
 S_{AC} - przekrój poprzeczny przyjętego przewodu AC.

6. Warunek doboru bezpieczników DC

Warunek sprawdzono dla łańcucha o największej ilości podłączonych modułów.

- $I_{nB} \geq I_{oblB} = \frac{I_{SC}}{K} \cdot 1,375 = \frac{14,00}{1} \cdot 1,375 = 19,25A$ - warunek spełniony

gdzie:
 I_{nB} - prąd znamionowy bezpiecznika,
 I_{oblB} - obliczeniowy prąd bezpiecznika,
 I_{SC} - prąd zwarcia łańcucha modułów,
 K - zależny od temperatury otoczenia współczynnik korygujący, dla 20°C równy 1.

- $U_{nB} \geq U_{oblB} = l_{MPV} \cdot V_{mp} \cdot 1,2 = 16 \cdot 41,96 \cdot 1,20 = 805,63V$ - warunek spełniony

gdzie:
 U_{nB} - napięcie znamionowe bezpiecznika,
 U_{oblB} - obliczeniowe napięcie bezpiecznika
 l_{MPV} - ilość modułów połączonych szeregowo w łańcuchu,
 V_{mp} - napięcie modułu w punkcie mocy maksymalnej w warunkach STC.

7. Warunek doboru ograniczników przepięć

Warunek sprawdzono dla łańcucha o największej ilości podłączonych modułów.

- $U_{CPV} \geq U_{maxSZ} \Rightarrow 1100V \geq 908,18V$ - warunek spełniony

gdzie:
 U_{CPV} - maksymalne napięcie ciągłej pracy ogranicznika przepięć,
 U_{maxSZ} - maksymalne napięcie szeregu modułów.

8. Warunek doboru zabezpieczenia linii AC

- $I_{ACmax} \leq I_n \leq I_{ZAC} \Rightarrow 83,40A \leq 100A \leq 128A$ - warunek spełniony

gdzie:
 I_{ACmax} - maksymalny prąd wyjściowy falownika,
 I_n - prąd znamionowy urządzenia zabezpieczającego,
 I_{ZAC} - prąd dopuszczalny długotrwale przewodu AC.

V. UWAGI KOŃCOWE

Niniejszy projekt wykonano zgodnie z przepisami. Wykonawcę realizującego budowę wg niniejszego projektu obowiązuje przestrzeganie przepisów w odniesieniu do wszystkich szczegółów, które nie mogły być w projekcie omówione. Całość wykonać zgodnie z „Warunkami technicznymi wykonania i odbioru robót budowlano - montażowych” cz. V – Instalacje elektryczne, niniejszym projektem, obowiązującymi przepisami BHP i PPOŻ oraz prawa budowlanego i normą PN-IEC 60364 – instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Po zakończeniu prac montażowych wykonać pomiary powykonawcze rezystancji izolacji, rezystancji uziemienia, skuteczności ochrony od porażeń prądem elektrycznym, spisać wymagane protokoły z badań i pomiarów instalacji elektrycznych. Wykonać trwałe napisy i oznaczenia w oparciu o schemat zasilania. Wszystkie metalowe części zabezpieczyć antykorozyjnie zgodnie z obowiązującymi przepisami.

Uwaga! Przywołane w projekcie nazwy własne materiałów, wyrobów i elementów służą referencyjnemu określeniu własności danego produktu. Dopuszcza się zastosowanie produktów równoważnych pod warunkiem zaakceptowania przez projektanta ich zgodności z projektem i oczekiwaniem.