

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 Ułożenie względem instalacji odgromowej.....	7
3.10 Opis przyłączenia instalacji PV do sieci elektroenergetycznej.....	7
3.11 Zakres prac instalacyjnych oraz wytyczne w zakresie wykonania instalacji.....	7
3.12 Informacje dotyczące ochrony środowiska.....	8
3.13 Konserwacja i eksploatacja instalacji fotowoltaicznej.....	8
III. BEZPIECZEŃSTWO PRZECIWPOŻAROWE.....	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.....	12
10. Informacje o warunkach i strategii ewakuacji ludzi lub ich uratowania w inny sposób.....	12
11. Informacje o sposobie zabezpieczenia przeciwpożarowego instalacji PV, a także rozwiązania zmniejszające ryzyko powstania pożaru.....	12
12. Wyposażenie w gaśnice.....	13
13. Przeciwpowarowy wyłącznik prądu PWP.....	13
14. Sposób zapewnienia bezpieczeństwa dla ekip ratowniczo-gaśniczych.....	13
15. Plan instalacji fotowoltaicznej dla ekip ratowniczych.....	13
16. Oznakowanie budynku.....	14
17. Woda do zewnętrznego gaszenia pożaru oraz drogi pożarowe.....	14
IV. OBLICZENIA TECHNICZNE.....	15
1. Bilans.....	15
1. Moc instalacji fotowoltaicznej.....	16
2. Moduły fotowoltaiczne.....	16
2.1. Wyznaczenie parametrów skrajnych modułu.....	16
3. Dobór inwertera.....	17
3.1. Warunek maksymalnej mocy wejściowej.....	17
3.2. Warunek napięcia rozruchowego falownika.....	17
3.3. Warunek maksymalnego napięcia wejściowego.....	17

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

Spis rysunków

1. RZUT DACHU – INSTALACJA FOTOWOLTAICZNA.....	E – 1
3. SCHEMAT INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ.....	E – 2
4. WIDOKI ROZDZIELNIC R-DC ORAZ R-AC.....	E – 3

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.....	

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 19,80kW dla budynku szkoły podstawowej. Budynek zlokalizowany jest w Kobiórze przy ul. Tuwima 33. 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 nie jest wyposażony w instalację fotowoltaiczną. Instalacja elektryczna zasilona jest z tablicy głównej TG zlokalizowanej w wiatrołapie, obok której zlokalizowany jest układ pomiarowo-rozliczeniowy (tablica licznikowa) będąca źródłem zasilania podstawowego. Budynek szkoły jest wyposażony w przeciwpożarowy wyłącznik prądu zabudowany obok rozdzielni głównej (patrz. pkt II 13).

2. Informacje o obiekcie

Budynek, w którym zostanie wykonana przedmiotowa instalacja fotowoltaiczna to dwukondygnacyjny budynek szkoły. Posiada on dach płaski o konstrukcji drewnianej. Do budynku przyległe są inne budynki.

Moc przyłączeniowa dla zakładu wynosi 40kW (taryfa C11).

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 podłączona zostanie do sieci elektroenergetycznej, jednak nie przewiduje się przekazywania nadwyżki produkowanej energii elektrycznej do systemu elektroenergetycznego, a do magazynu energii elektrycznej, którego zadaniem będzie zwiększenie przechowywania nadmiaru wyprodukowanej energii elektrycznej do momentu wystąpienia ujemnego bilansu chwilowej nadprodukcji.

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 zacienienia modułów projektuje się panele fotowoltaiczne typu „half-cut”. Dobrano 36 modułów monokrystalicznych. Parametry paneli podane zostały w poniższej tabeli. W przypadku wystąpienia częściowego zacienienia 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°. Połączenie 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 15kW. Parametry falownika podane zostały w poniższej tabeli. Umieszczony zostanie on w piwnicy w wydzielonym pożarowo pomieszczeniu (dedykowany na potrzeby nowoprojektowanej instalacji fotowoltaicznej) na ścianie wykonanej z elementów niepalnych, w miejscu nie narażonym na nasłonecznienie.

Pomieszczenie to stanowić będzie odrębną strefę pożarową, której główna konstrukcja posiadać będzie klasę odporności ogniowej REI120, strop REI60, a drzwi wejściowe do rozdzielni będą wykonane jako EI60. Dla istniejących instalacji elektrycznych i sanitarnych przebiegających przez pomieszczenie wykonane zostaną przepusty przeciwpożarowe o klasie nie mniejszej niż wynika to z klasy pomieszczenia. Falownik zabudować na ścianie zgodnie z wytycznymi producenta.

	Falownik nr 1
Maksymalna moc wejściowa	30 000 Wp
Max. napięcie wejściowe	1000 V
Zakres napięć MPPT	150-950 V
Min. napięcie wejściowe / startowe	95 / 180 V
Maks. wejściowy prąd roboczy	20 A
Maks. prąd zwarcia	30 A
Liczba MPPT	4
Liczba wejść na każdym MPPT	1
Moc znamionowa	15000 W
Napięcie wyjściowe	230 / 400 V
Prąd znamionowy	23,9 A
Zakres napięcia baterii	120 – 800 V
Maksymalna moc ładowania / rozładowania	15000 W
Typ ogniwa	LiFePO4

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 (zgodnie z rzutami budynku w części rysunkowej). Na potrzeby nowoprojektowanej instalacji fotowoltaicznej przewiduje się zastosowanie magazynu, którego parametry zamieszczone zostały w poniższej tabeli:

	Magazyn energii
Typ ogniw	LiFePO4
Liczba modułów	8
Pojemność znamionowa	20,48 kWh
Pojemność użytkowa	18,43 kWh
Moc ładowania/rozładowania	409,6 V
Napięcie robocze	320 V ~ 497,2 V
Maksymalny prąd ładowania	25A
Maksymalny prąd rozładowania	30A
Moc znamionowa ładowania / rozładowania	10,24 kW
Maksymalna moc ładowania	10,24 kW
Maksymalna moc rozładowania	12,29 kW
Klasa szczelności	IP65

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 pomieszczenia (patrz pkt. 3.3). Dodatkowo z uwagi na brak miejsca w tablicy TG należy dobudować dodatkową rozdzielnicę podtynkową obok przedmiotowej tablicy TG, w której umieszczone zostanie zabezpieczenie linii zasilającej rozdzielnicę R-AC oraz dwukierunkowy licznik bezpośredni.

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 Mulicontact dedykowanych do zastosowań fotowoltaicznych. Trasy kablowe należy wyznaczyć w taki sposób, aby nie stworzyć zjawiska tzw. pętli indukcyjnej. Przewody na dachu układać w korytach stalowych, pełnych. Koryta muszą być odsunięte od powierzchni dachu o min. 10cm. Wewnątrz budynku przewody DC należy obudować do odporności ogniowej EI30.

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 przewody OMY 5x6mm². Przewody ułożone zostaną w relacji „falownik – rozdzielnica R-AC – rozdzielnica TG2”, a prowadzone będą korytach kablowych oraz rurkach ochronnych.

3.8 Aparatura zabezpieczająca

W przedmiotowym budynku z uwagi na strefy pożarowe o kubaturze powyżej 1000m³ - zgodnie z treścią Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie - budynek musi być wyposażony w wyłącznik przeciwpożarowy prądu. Istniejący układ wyłącznika przeciwpożarowego należy dostosować do obowiązujących norm oraz standardów (poza zakresem opracowania). Dodatkowo projektuje się dodatkowe wyłączniki przeciwpożarowe fotowoltaiki zabudowane na dachu obok modułów fotowoltaicznych. 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:

- wyłączniki instalacyjne B10A 1P 6kA oraz B25A 3P 6kA,
- ogranicznik przepięć 12,5kA/275V, I+II (B+C).

Dodatkowo w tablicy TG2 zlokalizowanej w wiatrołapie 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 Ułożenie względem instalacji odgromowej

Budynek wyposażony jest w istniejącą instalację odgromową, którą ze względu na projektowane moduły fotowoltaiczne należy doposażyć w dodatkowe maszty odgromowe. Ich lokalizacja zamieszczona została na rzucie dachu. Zapewniono odstęp izolacyjny równy 0,5m pomiędzy modułami instalacji odgromowej, a zwodami poziomymi. Należy wykonać uziemienie konstrukcji oraz modułów fotowoltaicznych. Uziemienie wykonać przewodem H07V-K 1x16mm². Przewód połączyć z instalacją w wyznaczonych przez producenta urządzenia/elementu miejscach. Przewiduje się wykonanie uziemienia szpilkowego, dedykowanego wyłączenie dla nowoprojektowanej instalacji fotowoltaicznej. Wartość rezystancji uziemienia nie może przekraczać wartości 10Ω.

3.10 Opis przyłączenia instalacji PV do sieci elektroenergetycznej

Miejscem połączenia projektowanej instalacji z siecią elektroenergetyczną jest tablica główna budynku. Dobrany przewód AC poprowadzony zostanie od zacisków rozłącznika izolacyjnego nowoprojektowanej rozdzielniczy R-AC do zacisków nowoprojektowanego rozłącznika bezpiecznikowego w istniejącej rozdzielniczy głównej. Zgodnie z obowiązującymi przepisami instalacje OZE o mocy nominalnej do 50 kW podlegają zgłoszeniu przyłączenia mikroinstalacji do sieci dystrybutora energii elektrycznej. Istniejący licznik służący do pomiaru energii elektrycznej pobieranej z sieci OSD na potrzeby obiektu należy wymienić na nowy licznik dwukierunkowy. Wymiany licznika dokona Zakład Energetyczny na podstawie zgłoszenia. Pomimo przyłączenia instalacji do sieci elektroenergetycznej nie przewiduje się eksportu energii elektrycznej do sieci. W głównym torze prądowym (przy wejściu zasilania do wewnętrznej instalacji) zainstalowany zostanie dwukierunkowy podlicznik energii elektrycznej posiadający moduł komunikacji RS485 współpracujący z dobranym falownikiem hybrydowym. Taki układ pozwoli falownikowi na regulację generowanej mocy oraz jej ograniczenie w przypadku zbliżenia się do momentu ujemnego bilansu energii wyprodukowanej do pobranej z sieci.

3.11 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 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 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.

3.12 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.

3.13 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 przerwania 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 PRZECIWPOŻAROWE

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 złączek (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
- źle, 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 zaliczony do kategorii zagrożenia ludzi ZL I.

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

W przedmiotowym budynku moduły instalacji fotowoltaicznej zlokalizowane będą na dachu budynku natomiast montaż falownika oraz magazynu energii przewiduje się wykonać w dedykowany, wydzielonym pożarowo pomieszczeniu zlokalizowanym w piwnicy szkoły. Trasa przewodu DC od modułów do falowników przewidziana jest w następujący sposób: przewód DC będzie przebiegał dachem w korytach kablowych, metalowych, pełnych, następnie do wnętrza budynku poprzez nowoprojektowany przepust kablowy. Trasy pionowe wykonane zostaną jako szacht kablowy o klasie odporności ogniowej EI30.

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.

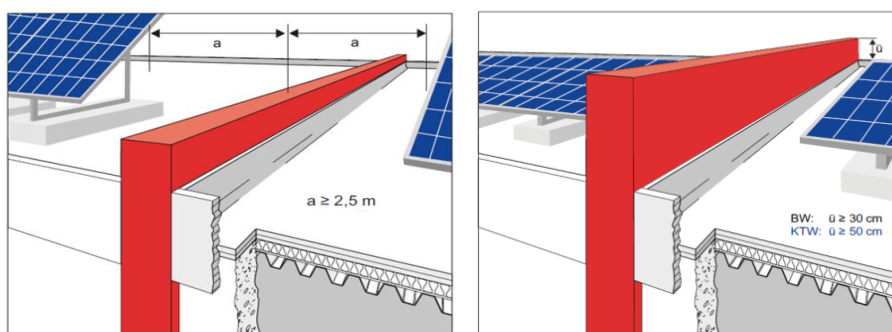
7. Informacje o stopniu rozprzestrzeniania ognia elementów budowlanych

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

Z uwagi na podział budynku na strefy pożarowe przy projektowaniu niniejszej instalacji fotowoltaicznej trzymano się następujących wymogów wynikających z warunków technicznych

- Panele fotowoltaiczne projektowane są poza niepalnymi pasami służącymi do oddzielenia ppoż.
- Niezależnie od występowania niepalnych pasów o których mowa powyżej, zapewnia się zachowanie odległości 2,5m względem ściany oddzielenia przeciwpożarowego.
- W stropie oddzielenia przeciwpożarowego nie przewiduje się perforacji stropu o powierzchni powyżej 0,5% powierzchni stropu.
- W niniejszym projekcie przyjęto zasadę nie projektowania komponentów instalacji PV w pasach z materiału niepalnego tj. 2m EI60 przewidzianych na granicy stref pożarowych. Pomimo braku obostrzeń Warunków Technicznych w zakresie występowania instalacji w obrębie pasów niepalnych, rozwiązanie przyjęto jako dobrą praktykę inżynierską.
- W przypadku lokalizacji modułów PV na dachach w sąsiedztwie ściany oddzielenia przeciwpożarowego poniżej odległości 2,5 m lub górna krawędź modułu PV powinna być minimum 0,3 m poniżej górnej granicy ściany oddzielenia przeciwpożarowego, np. zgodnie z normą VdS 2234.



Rys. 1 – Odstęp od ścian oddzielenia pożarowego

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

Instalacja fotowoltaiczna projektowana w przedmiotowym obiekcie pozostaje bez wpływu na wymagania w zakresie usytuowania budynku 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 szybkozłączy tego samego typu i producenta.
- Zminimalizowano w instalacji ilość połączeń DC.
- Trasy przewodów DC na płaskich dachach poprowadzono w metalowych korytkach kablowych trwale przymocowanych do dachu (eliminując wszelkie ostre krawędzie).
- Wykluczono prowadzenie kabli DC bezpośrednio po połaci dachu.
- Kable instalacji PV nie będą prowadzone w obrębie istniejących szachtów wentylacyjnych.
- Trasy kablowe będą odpowiednio oznakowane „Niebezpieczeństwo – wysokie napięcie DC w ciągu dnia obecne po wyłączeniu instalacji”.
- W przypadku dachów skośnych z wyłączeniem kabli prowadzonych bezpośrednio pod modułami przewidziano zabezpieczenie przewodów przed promieniowaniem UV
- 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 z 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.
- Przepusty instalacyjne przez ściany oddzielenia przeciwpożarowego zostaną zabezpieczone do klasy EI 120, przez stropy oddzielenia przeciwpożarowego w części nadziemnej do klasy EI 60 a w części podziemnej do EI 120.
- Zapewniono ochronę odgromową urządzeń fotowoltaicznych.

12. Wyposażenie w gaśnice

Należy zapewnić wyposażenie instalacji PV w gaśnicę proszkową 4 kg ABC zlokalizowaną w pobliżu falownika PV. Do gaśnicy winien być zapewniony dostęp o szerokości nie mniejszej niż 1 m.

13. Przeciwpowozarowy wyłącznik prądu PWP

Z uwagi na to, że instalacja PV montowana jest na budynku o kubaturze powyżej 1000m³ dla budynku wymagane jest zapewnienie przeciwpożarowego wyłącznika prądu. Zgodnie z przeprowadzoną wizją lokalną budynku – taki PWP został zapewniony i znajduje się w wiatrołapie (wyłącznik ręczny), jednak nie spełnia on obowiązujących obecnie norm oraz standardów. Przeciwpowozarowy wyłącznik prądu powinien zostać umieszczony na zewnątrz budynku i jako zestaw przeciwpożarowego wyłącznika prądu w całości (obudowa oraz wyposażenie) stanowić certyfikowany zestaw do zastosowania w obiektach budowlanych tj. posiadać Krajową Ocenę Techniczną, certyfikat stałości właściwości użytkowych oraz Krajową Deklarację Właściwości Użytkowych – poza zakresem niniejszego opracowania.

14. Sposób zapewnienia bezpieczeństwa dla ekip ratowniczo-gaśniczych

W budynku obwody DC mające szczególne znaczenie dla służb podczas prowadzenia działań ratowniczych. Obwód prądu stałego (okablowanie DC) znajduje się pomiędzy elementami generatora słonecznego a falownikiem. Napięcie DC w tym obwodzie najczęściej zawiera się w zakresie 250–900 V, w wybranych instalacjach może być jeszcze wyższe. Do porażenia prądem stałym może dojść w przypadku kontaktu (dotknięcia) jednocześnie biegunów dodatniego i ujemnego. Podczas działań ratowniczych i awaryjnych stanów pracy instalacji PV szczególne zagrożenie stanowią uszkodzenia elementów instalacji PV, w tym przede wszystkim okablowania. Do przeniesienia napięcia może dojść np. na ramię/mocowaniu uziemionego modułu PV poprzez wyrównanie potencjałów. Takie przeniesienie napięcia może doprowadzić do porażenia prądem przy dotknięciu (poruszeniu) innego przewodu. Do porażenia może dojść również w przypadku bezpośredniego kontaktu z uszkodzonym przewodem DC w budynku. Dlatego przyjęte zabezpieczenia mają na celu zminimalizowanie ryzyka porażenia prądem elektrycznym. Budynek zostanie wyposażony w rozłączniki prądu DC zainstalowane na dachu w sposób możliwie jak najbardziej ograniczający długość odcinka przewodu DC pomiędzy panelami fotowoltaicznymi, a rozłącznikiem. Zastosowane rozłączniki zostały zintegrowane z falownikami fotowoltaicznymi. Jeśli przed rozpoczęciem akcji gaśniczej, strażacy wyłączą zasilanie AC, rozłącznik bezpieczeństwa wykryje awarię sieci i automatycznie przełączy się w pozycję wyłączoną, przerywając połączenie prądu stałego między modułami, a falownikiem oraz magazynem energii, a falownikiem. Dzięki temu interweniujące w obrębie budynku ekipy ratowniczo-gaśnicze nie będą narażone na bezpośredni kontakt z przewodami DC pod napięciem – co zapewni bezpieczeństwo w przypadku podawania strumieni gaśniczych czy też poruszania się po budynku.

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,

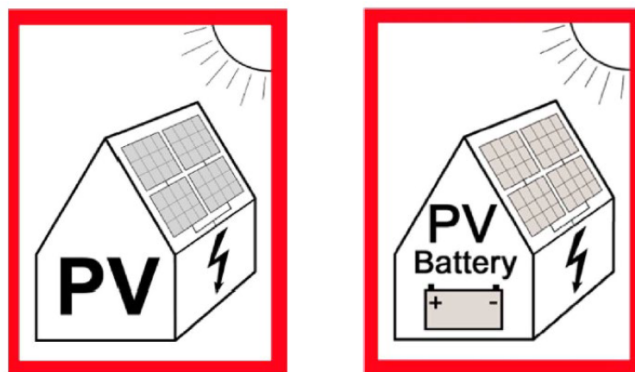
- opcjonalnie przebiegu tras kablowych prądu przemiennego,
- legendę zastosowanych oznaczeń graficznych i literowych,
- wskazanie osób lub podmiotów opracowujących plan oraz datę jego opracowania.

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

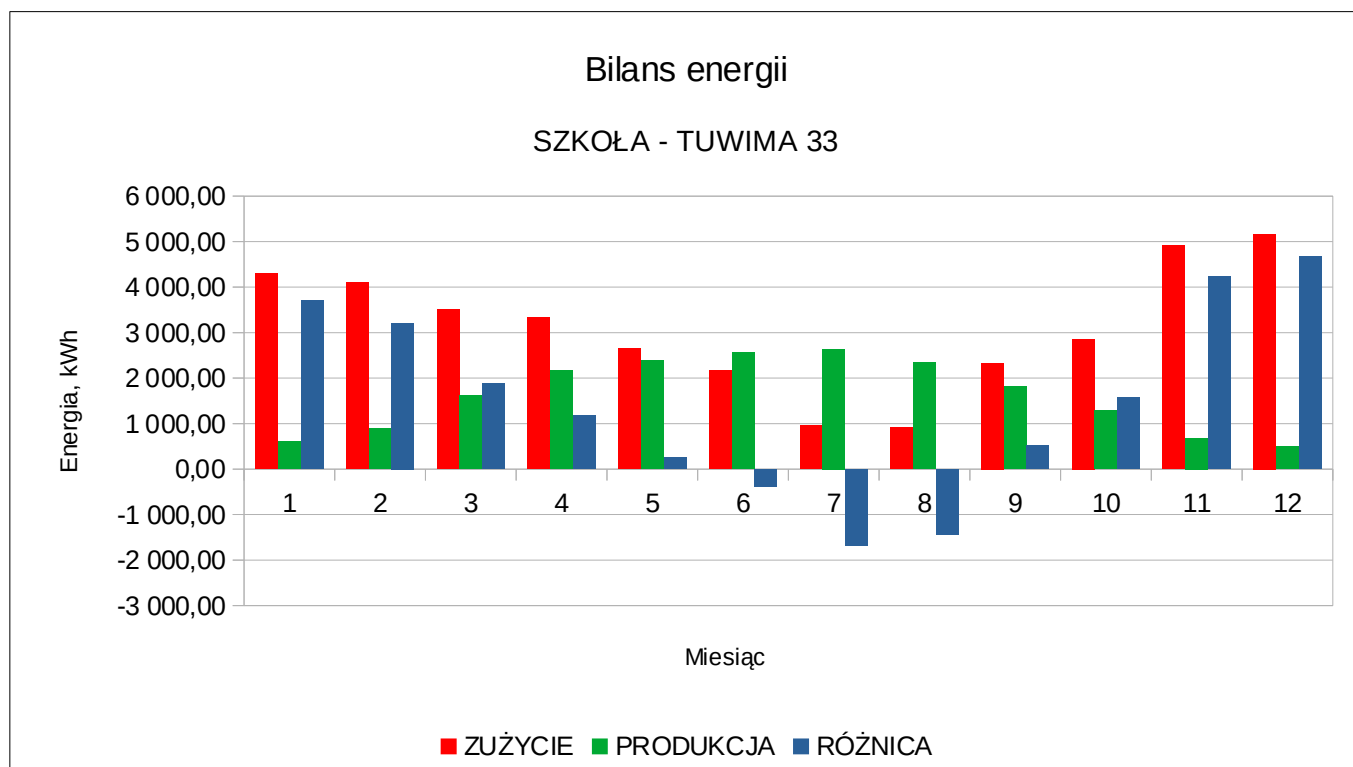
1. Bilans

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.	Szerokość geograficzna	50° 03' 37.7" N
2.	Przyjęta moc instalacji	19,80 kW
3.	Straty w systemie	14%
4.	Nachylenie paneli	19°
5.	Azymut	18°

Tab. 4 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 w okresie wrzesień-maj nie pokrywa całkowitego zapotrzebowania na energię elektryczną w ciągu całego roku rozliczeniowego, a jedynie zmniejsza zużycie energii pobieranej z sieci, natomiast w trakcie wakacji (czerwiec-sierpień) produkowana jest nadwyżka energii elektrycznej. Zastosowanie magazynu energii zapewni zwiększenie chwilowej autokonsumpcji oraz zapobiegnie wypychaniu energii do sieci w momentach, w których chwilowa produkcja przewyższałaby wartość zapotrzebowania budynku na energię bez obniżania wydajności instalacji. W okresie wakacyjnym energia nie będzie transferowana do sieci – produkcja będzie ograniczona przez falownik na podstawie analizy parametrów sieciowych. Dodatkowe straty wynikające z ograniczenia pracy falownika w okresie wakacyjnym szacuje się na ok. 14,95%. W instalacji przewidziano zapas mocy w przypadku montażu dodatkowych urządzeń takich jak np. klimatyzatory.

Dla danego przypadku zakłada się magazyn energii o pojemności stanowiącej 20% dziennego zużycia energii elektrycznej. Na podstawie miesięcznych odczytów obliczono wartość średnią dziennego zużycia energii elektrycznej i wynosi ona 102,37kWh/dzień.

$$E_m = 107,40 \text{ kWh} , k_m = 0,20$$

$$E_{ES} = k_m \cdot E_m = 0,20 \cdot 102,37 = 20,47 \text{ kWh}$$

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 20,48 kWh.

1. Moc instalacji fotowoltaicznej

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

$$P_{PV} = L_M \cdot P_{STC PV} = 550 \cdot 36 = 19\,800 \text{ W}$$

gdzie:

P_{PV} – moc instalacji fotowoltaicznej, W

L_M – liczba modułów fotowoltaicznych w instalacji, szt.

$P_{STC PV}$ – moc jednostkowa modułu fotowoltaicznego, W

Moc wejściowa instalacji fotowoltaicznej wynosi 19,80kW. Maksymalna moc wyjściowa instalacji fotowoltaicznej równa jest maksymalnej mocy wyjściowej falownika. Zastosowano falownik o maksymalnej mocy wyjściowej 15kW.

2. Moduły fotowoltaiczne

2.1. Wyznaczenie parametrów skrajnych modułu

Parametry elektryczne dla skrajnych warunków można wyznaczyć przy pomocy wzorów:

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

gdzie:

I_{SCmax} - maksymalny prąd zwarcia modułu,

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

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

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.

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

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 wejściowej

Producent określił wartość maksymalnej mocy wejściowej pojedynczego inwertera i wynosi ona 30kW.

- $P_{PV} \leq P_{N-MAX} \Rightarrow 19,80 \text{ kW} \leq 30,00 \text{ kW}$ - 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.

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

gdzie:

U_{RF} - napięcie rozruchowe falownika,
 U_{minSZ} - minimalne napięcie szeregu modułów,
 I_{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.

- $U_{maxF} \geq U_{maxSZ} = I_{MPV} \cdot U_{OC-25^\circ C} = 12 \cdot 56,76 = 681,14 \text{ V}$ - warunek spełniony

gdzie:

U_{maxF} - maksymalne napięcie wejściowe falownika,
 U_{maxSZ} - maksymalne napięcie szeregu modułów,
 I_{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

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

gdzie:

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

3.5. Warunek maksymalnego prądu wejściowego

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

- $U_{SZ} = U_{mpNOCT} \cdot I_{MPV}$ - dla łańcucha z 12 modułami: $U_{SZ} = 39,43 \cdot 12 = 473,16 \text{ V}$
- $U_{MPPTmin} \leq U_{SZNOCT} \leq U_{MPPTmax} \Rightarrow 150 \text{ V} \leq 473,16 \text{ V} \leq 950 \text{ V}$

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 zwarciovowy modułu. Warunek sprawdzono dla przewodu o najmniejszym przekroju żyły.

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

gdzie:

I_{ZDC} - prąd dopuszczalny długotrwale przewodu DC,

I_{SCmax} - maksymalny prąd zwarciovowy modułu.

4.2. Warunek dopuszczalnego spadku napięcia

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

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

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,

l_{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 l_{MPV}	Konduktywność przewodu γ	Przekrój przewodu S	Spadek napięcia $U_{\%DC}$
-	m. b.	Szt.	MS/m	mm ²	%
1.1	75	12	56,00	4,00	0,25%
1.2	92	12	56,00	4,00	0,31%
2.1	108	12	56,00	4,00	0,36%

Tab. 5

5 Dobór przewodów AC

5.1. Warunek prądu dopuszczalnego długotrwale

Dla dobranego przewodu OMY 5x10mm² okładanego naściennie w korytkach pełnych prąd dopuszczalny długotrwale wynosi 46A.

- $I_{ZAC} \geq I_{ACmax} \Rightarrow 46,00 A \geq 4,90 A$ - warunek spełniony

gdzie:

I_{ZAC} - prąd dopuszczalny długotrwale przewodu DC,

I_{SCmax} - maksymalny prąd zwarciovowy modułu.

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.

- $\Delta U_{\%AC3f} = \frac{P_{ACFmax} \cdot l_{AC}}{U_N^2 \cdot \gamma \cdot S_{AC} \cdot \cos(\varphi)} \cdot 100 \%$

$$\bullet \quad \Delta U_{\%AC3f} = \frac{15,00 \cdot 20,00}{400,00^2 \cdot 56,00 \cdot 10,00 \cdot 0,95} \cdot 100 \% = 0,36 \% - \text{warunek spełniony}$$

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.

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

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.

$$\bullet \quad U_{nB} \geq U_{oblB} = I_{MPV} \cdot V_{mp} \cdot 1,2 = 12 \cdot 41,96 \cdot 1,20 = 604,22 \text{ V} - \text{warunek spełniony}$$

gdzie:
 U_{nB} - napięcie znamionowe bezpiecznika,
 U_{oblB} - obliczeniowe napięcie bezpiecznika,
 I_{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.

$$\bullet \quad U_{CPV} \geq U_{maxSZ} \Rightarrow 1100 \text{ V} \geq 681,14 \text{ V} - \text{warunek spełniony}$$

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

8. Warunek doboru zabezpieczenia linii AC

$$\bullet \quad I_{ACmax} \leq I_n \leq I_{ZAC} \Rightarrow 23,90 \text{ A} \leq 25 \text{ A} \leq 46,00 \text{ A} - \text{warunek spełniony}$$

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.