

NR ARCH. 025/1/2016

**PROJEKT BUDOWLANY
INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ O MOCY
DO 40kW DLA OBIEKTU KĄPIELISKO ZDRÓJ
W JASTRZĘBIU-ZDROJU**

INWESTOR: URZĄD MIASTA JASTRZĘBIE
44-335 JASTRZĘBIE-ZDRÓJ
AL. PIŁSUDSKIEGO 60

OBIEKT: KĄPIELISKO ZDRÓJ

ADRES: JASTRZĘBIE-ZDRÓJ, UL. WITCZAKA
*Gmina: M. Jastrzębie-Zdrój
Obręb: 0008, Jastrzębie-Zdrój
Jedn. ewid. 246701_1 M. Jastrzębie-Zdrój
Kategoria: V
Działka: 935/22*

ZESPÓŁ PROJEKTOWY:

inż. DARIUSZ BIAŁECKI upr. nr SLK/0940/PWOE/05	projektant branży elektrycznej	
mgr inż. MIECZYŚŁAW PAWLIK upr. nr 62/84	sprawdzający branży elektrycznej	
mgr inż. MONIKA KAŻMIERCZAK upr. nr SLK/4281/PWOK/12	projektant branży konstr.-bud.	

EGZEMPLARZ 1 2 3 4 5 A

Gołkowice, sierpień 2016

SPIS TREŚCI

1. Opis techniczny	3-9
2. Konstrukcja i montaż paneli	10-17
3. Informacja dotycząca bezpieczeństwa i ochrony zdrowia - IBIOZ	18-20
4. Obliczenia techniczne	21-33
5. Część rysunkowa	
E-01 Szkic orientacyjny	34
E-02 Plan instalacji fotowoltaicznej i odgromowej w skali 1:100	35
B-01 Detal kotwienia do konstrukcji dachu	36
B-02 Usztywnienie płatwi dachowych	37
E-10 Schemat instalacji fotowoltaicznej	38
E-11 Budowa rozdzielnic AC	39
E-12 Budowa rozdzielnic DC	40
F-01 Lokalizacja PWP-PV, trasa kablowa do UPEE	41
F-02 Lokalizacja rozdzielnic RAC1, RAC2 oraz tras kablowych DC i AC	42
6. Audyt energetyczny	43-61
7. Uprawnienia projektowe i oświadczenie projektanta	62-69
8. Zestawienie podstawowych materiałów	70-73

1. OPIS TECHNICZNY

1.1 PODSTAWA OPRACOWANIA

- Umowa z Inwestorem nr IKI.272.91.2016 z dnia 15.06.2016r.
- Obowiązujące normy i przepisy w zakresie opracowania.
- Wytyczne techniczne nr IKI.7021.15.02.2016.FB z dnia 10.05.2016 wydane przez Urząd Miasta Jastrzębie-Zdrój, Wydział Infrastruktury Komunalnej i Inwestycji
- Inwentaryzacja własna w terenie

1.2 PRZEDMIOT OPRACOWANIA

Przedmiotem opracowania jest wykonanie projektu budowlanego budowy instalacji fotowoltaicznej o mocy do 40kW dla obiektu Kąpielisko Zdrój w Jastrzębiu-Zdroju przy ul. Witczaka. Inwestorem jest Urząd Miasta Jastrzębie-Zdrój, 44-335 Jastrzębie Zdrój, Al. Piłsudskiego 60. Inwestycja prowadzona będzie na działce nr 935/22, której właścicielem jest Gmina Miasto Jastrzębie-Zdrój.

1.3 ZAKRES OPRACOWANIA

Niniejsze opracowanie swym zakresem obejmuje:

- projekt elementów generatora solarnego: paneli fotowoltaicznych, przewodów wysokonapięciowych DC, rozdzielnic DC, inwerterów, rozdzielnic AC wraz z przynależnymi konstrukcjami montażowymi
- projekt instalacji elektrycznych umożliwiających wprowadzenie energii elektrycznej do instalacji/sieci obiektu (ON-GRID)
- projekt niezbędnej rozbudowy i przebudowy instalacji odgromowych, uziemiających i przeciwprzepięciowych

1.4 DANE ENERGETYCZNE

Zasilanie:	istniejące i pozostaje bez zmian
Napięcie zasilania:	400 V
Moc maksymalna proj.:	39 520 Wp
Pomiary energii:	istniejące 2 układy bezpośrednie, wymiana liczników przez Przedsiębiorstwo Elektroenergetyczne
System ochrony:	szybkie wyłączenie
Układ sieciowy:	TN-C, TN-C-S
Istniejąca moc przyłączeniowa dla obiektu:	6x40kW

1.5 ZASILANIE W ENERGIĘ ELEKTRYCZNĄ I ENERGII ELEKTRYCZNEJ

STAN ISTNIEJĄCY

Instalacje elektryczne kąpieliska otwartego zasilane są z stacji transformatorowo-rozdzielczej W1076 „BASENOWA” odcinkiem sieci elektroenergetycznej w postaci kabla YAKY 4x240 mm² o długości ok. 90m i złącza kablowego ZK4. Miejszem dostarczania energii elektrycznej i punktem rozdziału własności Użytkownika i Przedsiębiorstwa Elektroenergetycznego są zaciski na wyjściu zabezpieczeń w złączu.

Pomiar energii realizowany jest za pomocą 6 układów pomiaru energii elektrycznej czynnej w taryfie C11, bezpośrednich. Moc umowną dla poszczególnych układów pomiarowych określono na 40kW, zabezpieczenia przedlicznikowe zgodnie z umową powinny mieć wartość 63A gL/gG.

PROJEKT

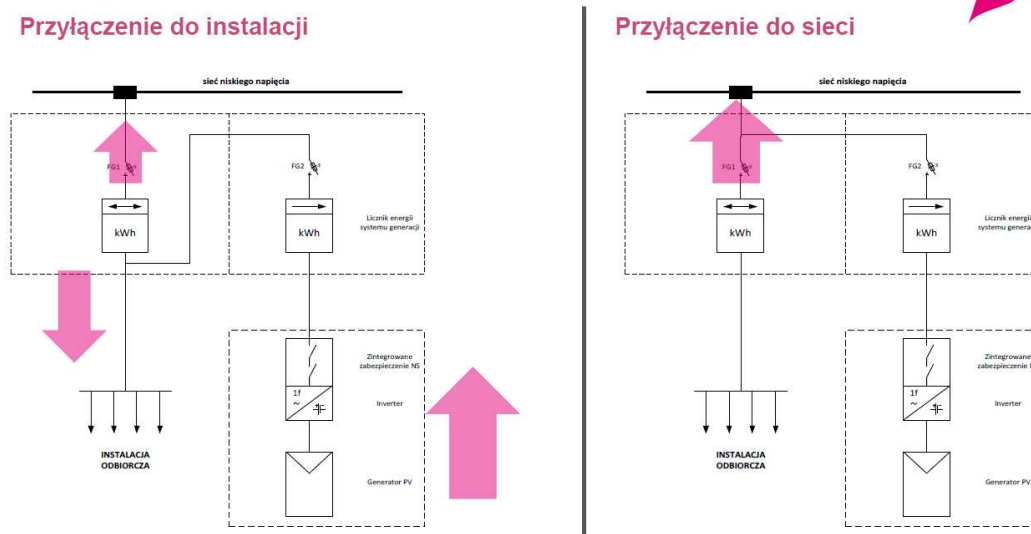
W obudowach istniejących układów pomiaru bezpośredniego istnieje możliwość zabudowy dodatkowego rozłącznika izolacyjnego w obudowie modułowej, po modyfikacji osłony istniejącego rozłącznika zalicznikowego. Wybrano sposób włączenia mikroinstalacji „DO INSTALACJI” zgodnie z jednym z dopuszczalnych schematów przyłączenia. Zgodnie z tym schematem energia elektryczna produkowana w mikroinstalacji podłączana jest do instalacji Prosumenta za UPEE w kierunku instalacji klienta.

Dla umożliwienia zbilansowania energii dostarczonej i pobranej zaprojektowano 2 układy bezpośrednie pomiaru energii elektrycznej systemu generacji – jeden o mocy 23,4 kWp (20 kW), drugi o mocy 16,12 kWp (15 kW). Suma mocy nie przekracza 40kW dopuszczalnych dla mikroinstalacji podłączanych w jednym punkcie sieci nN 0,4kV. Przy zgłaszaniu przyłączenia mikroinstalacji do sieci elektroenergetycznej Przedsiębiorstwa Elektroenergetycznego nastąpi powiązanie:

Dane jednostki wytwórczej			Dane obiektu	
Moc zainstalowana	Moc jedn. wytwórczej	Sposób przyłączenia	Nr licznika	Kod PPE
23 400 Wp	20 kW	3-fazowo	8345760	PLGZEO00000590748332000009947963
16 120 Wp	15 kW	3-fazowo	8350540	PLGZEO00000590748332000009948279

Układy pomiarowe systemów generacji zaprojektowano we wspólnych obudowach z inwerterami (RAC1, RAC2), natomiast istniejące liczniki energii elektrycznej zostaną zastąpione przez Przedsiębiorstwo Elektroenergetyczne czterokwadrantowymi licznikami energii elektrycznej. Liczniki tego typu pozwalają na rejestrację mocy czynnej oraz biernej w obu kierunkach i we wszystkich kwadrantach.

Przyłączenie mikroinstalacji – możliwe sposoby połączeń



1.6 PRZECIWPÓŻAROWY WYŁĄCZNIK PRĄDU

STAN ISTNIEJĄCY

Istniejący przeciwpożarowy wyłącznik prądu w postaci wyłącznika mocy DPX 630A z wyzwalaczem nadmiarowym współpracującym z przyciskiem PWP zlokalizowanym na elewacji jest zgodny z istniejącymi przepisami – po wciśnięciu przycisku napięcia zostaną pozbawione wszystkie instalacje wewnętrzne obiektów kąpieliska za wyjątkiem oświetlenia zewnętrznego (terenu).

PROJEKT

Przy projektowanym sposobie przyłączenia mikroinstalacji modyfikacja istniejącego PWP nie jest potrzebna: przewody DC generatora PV jak i przewody AC łączące inwertery z układami pomiarowymi na żadnym odcinku nie wchodzi do wnętrza budynków. Jednak w celu odcięcia dopływu energii z instalacji PV do instalacji odbiorczej, projektuje się dodatkowy przycisk PWP-PV umożliwiający odłączenie inwerterów od sieci za pomocą rozłączników z wyzwalaczami wzrostowymi.

Zgodnie z zaleceniami rzeczoznawców PSP obok przycisków PWP należy umieścić tabliczkę z napisem:

**NA DACHU INSTALACJA
FOTOWOLTAICZNA**

o wymiarach 140x360, czarna czcionka na białym tle,
czerwona obwódka.

1.7 CHARAKTERYSTYKA ODBIORU

Obiekt wykorzystywany jest praktycznie tylko 2 miesiące w roku – lipiec i sierpień. W pozostałych miesiącach wykonywane są prace konserwacyjno – remontowe, w pomieszczeniach utrzymywana jest temperatura dyżurna (źródłem ciepła dla c.o. jest pompa ciepła zasilana elektrycznie).

Największym zużyciem energii chwilowym (zmierzonym w czasie dnia w sezonie) charakteryzuje się zasilanie tablicy TG1.1, dla tego obwodu zarejestrowano również najwyższe wskazanie licznika energii elektrycznej. Drugim w kolejności zużycia energii jest zasilanie komory pomp efektowych, pracujących tylko w sezonie.

Zgodnie z obecnym brzmieniem (od 1 lipca 2016) ustawy OZE rozliczenie energii nastąpi zgodnie z mechanizmem net-metering 1:0,8, tj. prosument może pobrać z sieci 0,8 ilości energii wprowadzonej do sieci, nie ponosząc z tego tytułu żadnych dodatkowych opłat. W sezonie letnim, w dniach otwarcia kąpieliska cała produkowana energia będzie używana na potrzeby własne, a brakująca część energii pobierana będzie z sieci. W pozostałym okresie czasu prawie cała produkowana energia będzie „magazynowana” w sieci.

1.8 CHARAKTERYSTYKA ZASILANIA

Ułożenie paneli zaprojektowano zgodnie z istniejącymi warunkami połączy dachu, dachu, tj. bez optymalizacji kąta nachylenia i azymutu. Zyski ze zwiększonej produkcji w układzie optymalnym nie pokrywają znacznego wzrostu kosztów konstrukcji montażowej.

Zgodnie z analizą możliwego zacienienia, dokonano podziału grup paneli na poszczególne łańcuchy, w celu ograniczenia strat spowodowanych przez zacienienie. Szerzej opisano w rozdziale 2.

1.9 LOKALIZACJA URZĄDZEŃ

Rozdzielnice DC z ogranicznikami przepięć zlokalizowane będą w przestrzeni między dachem pawilonu a dachem właściwym, w obudowach odpornych na promieniowanie UV, na konstrukcjach wsporczych mocowanych do konstrukcji wsporczej dachu.

Inwertery instalacji fotowoltaicznej powinny znajdować się poza zasięgiem osób nieuprawnionych a szczególnie dzieci. Ponadto należy unikać wprowadzania kabli DC do budynków. Stąd zaprojektowano montaż inwerterów w rozdzielnicach AC - obudowach metalowych odpornych na warunki zewnętrzne, zamykanych na klucz, które zawieszane będą na szczytowej ścianie pawilonu „A”, od strony głównego zasilania (od północy). Góra RAC1, RAC2 2,0 m nad poziomem gruntu.

Każda obudowa wyposażona będzie w rozłączniki w torach DC (w dodatkowej obudowie zapewniającej II klasę izolacji), rozłączniki AC z wyzwalaczami wzrostowymi, rozłączniki bezpiecznikowe dla stworzenia widocznej przerwy w obwodzie, liczniki energii elektrycznej bezpośrednio (w obudowach modułowych) oraz wentylację mechaniczną.

Przycisk PWP-PV zlokalizowany będzie w taki sposób, aby nie niszczyć elewacji budynku. Należy wykonać przepust w taki sposób, aby jego wylot trafiał na ścianę szczytową (szczegół na fotografii)

1.10 OPIS POŁĄCZEŃ - GOSPODARKA KABLOWA

Połączenia międzymodułowe będą realizowane poprzez fabryczne złączki. Połączenia poszczególnych paneli PV do rozdzielnic DC zostaną zrealizowane za pomocą kabli dedykowanych dla instalacji stałoprądowych fotowoltaicznych o przekroju żył roboczych 4 mm², przekrój żył roboczych kabli między rozdzielnicami DC a falownikami wynika z obliczeń i wynosi od 4 do 10mm². Przewody wysokonapięciowe DC łączące stringi z rozdzielnicą DC prowadzić w przestrzeni między dachem pawilonu a dachem właściwym, w korytku metalowym ocynkowanym perforowanym mocowanym do konstrukcji dachu. Przejścia przewodów przez

pokrycie dachowe wykonać pod panelami, miejsce przejścia uszczelnić za pomocą dławnic kablowych. Na ścianie szczytowej, przewody wysokonapięciowe DC sprowadzone z rozdzielnic DC do inwerterów oraz przewody AC z inwerterów do gruntu chronić osłoną mechaniczną, np. rurami elektroinstalacyjnymi odpornymi na działanie UV lub korytkami kablowymi z pokrywami pełnymi. Kable 0,4kV typu YKY 5x10 o długości 10m i 12m do układów pomiarowych prowadzić w gruncie, w osłonie z rur dwuściennych. Konieczne będzie rozebranie i ponowne odtworzenie istniejącej nawierzchni utwardzonej kostką betonową. Zachować odległość 0,5 m od fundamentu budynku. Na skrzyżowaniach z istniejącymi liniami elektroenergetycznymi założyć dodatkowe opisy kablowe.

Przewód komunikacyjny F/UTP żelowany 4x2x0,34 kat. 5 o długości 80m ułożyć w rurkach elektroinstalacyjnych w przestrzeni między dachem pawilonu a dachem właściwym aż do przełącznika lokalnej sieci komputerowej w pomieszczeniu ratowników. Przewód zakończyć wtykami RJ-45. Inwertery połączyć również między sobą sprzęgiem komunikacyjnym. W razie ewentualnego prowadzenia przewodu komunikacyjnego w jednym korytku z kablami DC należy zastosować przegrodę dielektryczną.

1.11 INSTALACJA ODGROMOWA, UZIEMIAJĄCA, WYRÓWNAWCZA I PRZECIWPRZEPięCIOWA

1.11.1 Instalacja odgromowa

STAN ISTNIEJĄCY

Budynek posiada istniejącą instalację odgromową wykonaną zgodnie z wymaganiami normy wieloarkuszowej PN-IEC 61024. Kategoria urządzenia piorunochronnego IV. Ze względu na pokrycie dachu blachą trapezową i konstrukcję wsporczą z kształtowników stalowych o przekrojach spełniających wymagania stawiane naturalnym elementom instalacji odgromowej, na dachu nie wykonano siatki zwodów. Wykonano natomiast przewody odprowadzające, złącza kontrolne i przewody uziemiające.

PROJEKT

Metodą oceny ryzyka zgodnie z PN-IEC 62305 stwierdzono że zastana kategoria urządzenia piorunochronnego jest wystarczająca dla ochrony odgromowej budynku.

Ze względu na płaskie ułożenie na dachu paneli PV oraz metaliczne połączenie ram paneli z pokryciem dachowym nie przewiduje się dodatkowej ochrony odgromowej paneli.

1.11.2 Instalacja uziemiająca i wyrównawcza

STAN ISTNIEJĄCY

Budynek wyposażony jest w instalację uziemiającą w postaci otoku z bednarki FeZn 30x4mm.

STAN PROJEKTOWANY

Z istniejącego otoku wykonać połączenie przewodem uziemiającym FeZn 30x4 do uziemienia szyny GSU. Od szyny GSU, zlokalizowanej pod rozdzielnicą AC1 wykonać połączenia wyrównawcze do:

- rozdzielnic AC1 i AC2 i znajdujących się w nich inwerterów – przewodami LY 10 mm²
- lokalnej szyny wyrównawczej LSW zainstalowanej w okolicy rozdzielnic DC1.2 i DC2.1 przewodem LY 16 mm²

- rozdzielnic DC1.1 i DC 2.2 – znajdujących się w nich ograniczników przepięć przewodem LY 16 mm²

Od szyny LSW wykonać połączenia wyrównawcze do rozdzielnic DC1.1 i DC 2.2 – znajdujących się w nich ograniczników przepięć przewodem LY 16 mm².

Metalowe koryta łączyć z szyną LSW, GSW tylko w przypadku użycia izolowanych od konstrukcji dachowej wsporników.

1.11.3 Instalacja przeciwprzepięciowa

STAN ISTNIEJĄCY

Rozdzielnice obiektu dla którego projektuje się instalację fotowoltaiczną są wyposażone w ograniczniki przepięć.

PROJEKT

Projektuje się ograniczniki przepięć typ I+II w torach DC instalacji fotowoltaicznej, pozwalające ograniczyć przepięcia do poziomu $U_p \leq 4$ kV przy prądzie udarowym (8/20) 25 kA (12,5 kA na jeden biegun).. Ze względu na niewielką długość kabli AC (do ok. 10m), w torach AC instalacji fotowoltaicznej ograniczników nie projektuje się.

1.12 OCHRONA PRZECIWPORAŻENIOWA

Jako ochronę przeciwporażeniową zastosowano:

- ochronę przed dotykiem bezpośrednim (ochrona podstawowa);
- ochronę przed dotykiem pośrednim (ochrona dodatkowa);

W celu ochrony przeciwporażeniowej w sieci 0,4kV przewidziano: szybkie wyłączenie (układ sieciowy TN-C). Przewód ochronny PEN należy uziemić bednarką FeZn 30x4. Rezystancja uziemienia nie powinna przekroczyć wartości 30 omów.

W celu ochrony przeciwporażeniowej w sieci DC (do 1 kV) zastosowano wzmocnioną izolację przewodów i drugą klasę izolacji rozdzielnic DC, oraz kontrolę izolacji realizowaną przez inwertery.

1.13 PRACE OGÓLNOBUDOWLANE ZWIĄZANE ZE WZMOCNIENIEM KONSTRUKCJI

Przed wykonaniem konstrukcji wsporczej na połaciach dachowych, zabezpieczyć istniejące pławie (w miejscach wskazanych na rysunku B-02) przed zwichrzeniem. W środku rozpiętości pławie wspawać usztywnienie z kątownika 45x45x4. Spoina pachwinowa 4mm po obwodzie kątownika. Elementy stalowe zabezpieczyć antykorozyjnie oraz powierzchniowo w kolorze istniejącej konstrukcji.

1.14 OCHRONA ŚRODOWISKOWA

W zakresie ochrony środowiska wokół obiektu nie przewiduje się wycinki drzew, a jedynie przycięcie korony drzew rzucających cień na dach obiektu. Planowane funkcje instalacji nie wpływają na środowisko w żaden sposób.

1.15 OCHRONA ZABYTKÓW

Inwestycja w całości znajduje się poza zakresem ochrony konserwatorskiej.

1.16 WYMAGANIA DOTYCZĄCE OCHRONY INTERESÓW OSÓB TRZECICH

Inwestycja zaprojektowana w całości na działce Inwestora, brak oddziaływania inwestycji na działki sąsiadujące.

1.17 UWAGI KOŃCOWE

- Urządzenia objęte niniejszym projektem powinny być poddane kwalifikacji jakości i oznaczone znakiem bezpieczeństwa i dopuszczone do stosowania w budownictwie ze znakiem CE według dyrektyw Unii Europejskiej.
- Całość instalacji wykonać zgodnie z Prawem budowlanym, obowiązującymi normami i zasadami wiedzy technicznej.
- Przed oddaniem do eksploatacji należy dokonać pomiarów wielkości elektrycznych, a w szczególności pomiar stanu izolacji kabli AC i przewodów DC oraz pomiar rezystancji uziemienia.
- Teren po robotach należy doprowadzić do stanu pierwotnego.
- Wszystkie zmiany wynikłe w trakcie budowy uzgodnić z projektantem lub inspektorem nadzoru.

OPRACOWAŁ:

2. KONSTRUKCJA I MONTAŻ PANELI

2.1 Opis ogólny

Moduły fotowoltaiczne o łącznej mocy 39,52 kWp (152 szt. o mocy 260 Wp) zostaną zainstalowane na dachu od strony południowo-zachodniej i północno-wschodniej zgodnie z jego nachyleniem pod kątem 5 stopni - na aluminiowej konstrukcji wsporczej. Dach budynku pokryty jest blachą trapezową typu GA55-35 gr. 0,65mm o wysokości profilu 55mm.

Montaż na blachach trapezowych z zastosowaniem odpowiedniego systemu jest metodą szybką, uniwersalną i sprawdzoną pod względem statycznym.

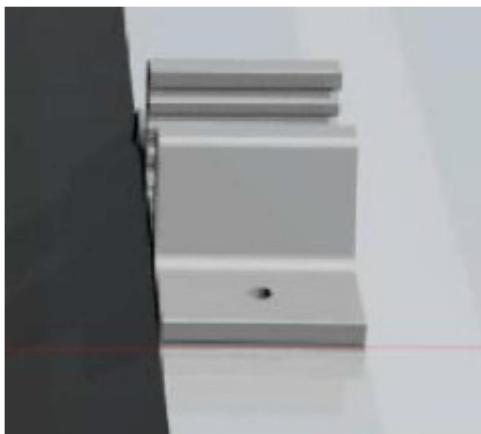
Instalacja elektrowni fotowoltaicznej z zastosowaniem systemu montażowego stanowi dodatkowy nacisk na dach i obciążenie związane z działaniem wiatru.

Projektowana konstrukcja wsporcza wykonana będzie jako aluminiowa.

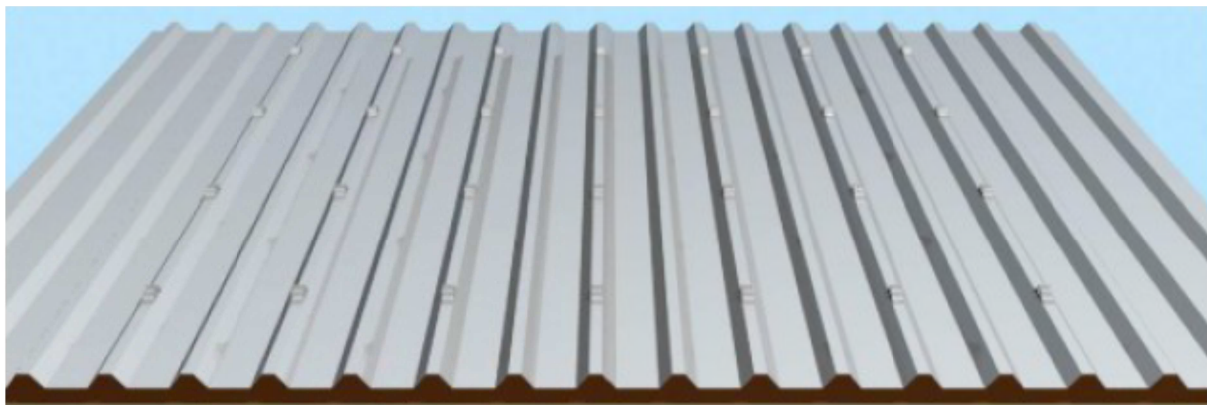
Panele fotowoltaiczne zostaną przykręcone do szyn, mocowanych do projektowanych uchwytych dachowych montowanych do konstrukcji dachu.

Sposób przygotowania powierzchni montażowej.

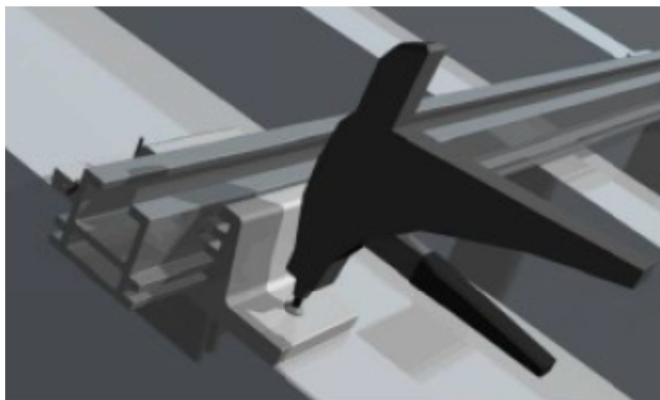
Pokrycie dachowe wyczyścić wyłącznie w miejscach klejenia konsoli trapezowych. Powierzchnia musi być sucha i pozbawiona zanieczyszczeń, odtłuszczona, należy usunąć warstwy oleju lub silikonu, w celu zapewnienia maksymalnej szczelności połączenia. Jeżeli powierzchnia dachu jest mocno zabrudzona, zalecamy jej lekkie przeszlifowanie odpowiednim narzędziem (np. własną szlifierską) i następnie oczyścić. Odpowiednim środkiem czyszczącym jest alkohol izopropylowy lub aceton oraz ściereczki papierowe, nie pozostawiające włókien.



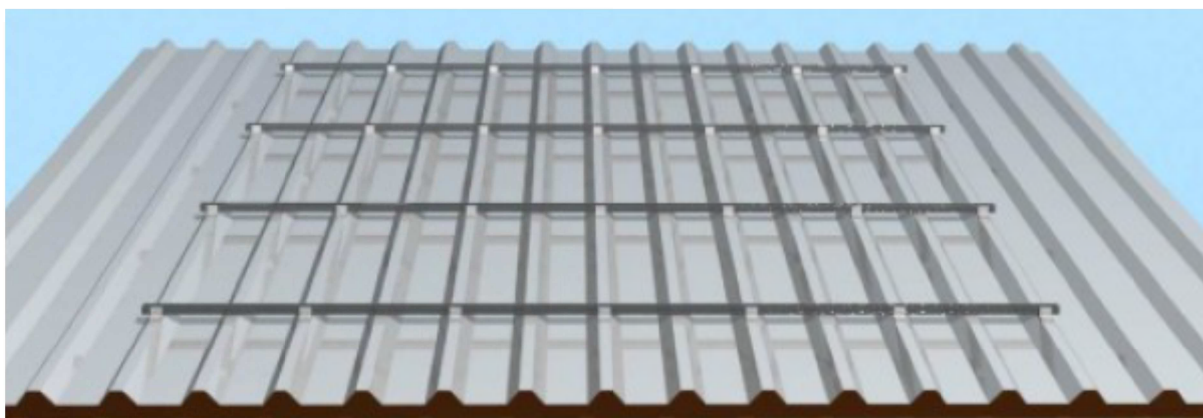
Rysunek konsoli trapezowych



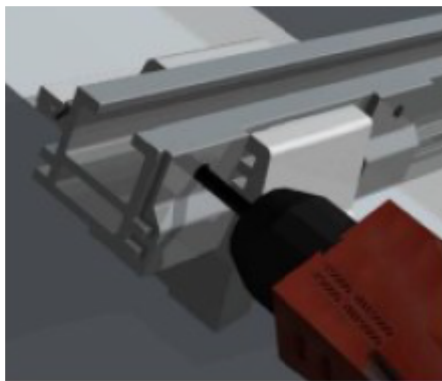
Rysunek rozmieszczenia konsoli trapezowych wg. obliczeń konstrukcyjnych.



Rysunek wykonania nitowania konsoli trapezowych.



Rysunek ułożenia profili szynowych.



Rysunek zabezpieczenia szyn montażowych.



Rysunek łączenia profili aluminiowych.



Rysunek przykładowego zacisku środkowego.



Rysunek przykładowego zacisku końcowego.

2.2. Dobór urządzeń

2.2.1. Generatory

Instalacja składać się będzie z modułów fotowoltaicznych mono lub polikrystalicznych o mocy szczytowej 260 Wp. Parametry pojedynczego modułu w warunkach STC (standardowe warunki testu: natężenie nasłonecznienia 1000W/m^2 , temperatura ogniwa 25°C i liczba masowa atmosfery AM 1,5) potwierdzone w sprawozdaniu z badań wykonanym przez niezależną od Producenta jednostkę.

Minimalne parametry generatora w warunkach STC przedstawia poniższa tabela:

Tabela nr 1.

Parametr:	Wartość:
Moc znamionowa Pmax	260 Wp
Uoc	38,10V
Isc	8,98A
Umpp	31,1V
Impp	8,37A
Sprawność	min. 16,0 %
Temperaturowy współczynnik mocy nie mniejszy niż -0,39%/°C	
Tolerancja mocy: 0/+4,99%- wartość minimalna, dopuszcza się moduły pv o tolerancji mocy dodatniej +4,99% i więcej.	
Na etapie produkcji każdy moduł powinien przejść 100% kontrole EL-elektroluminescencyjną, wyniki testów powinny zostać udostępnione na żądanie Zamawiającego.	
Moduły powinny przejść pozytywnie test na efekt PID przeprowadzony przez odpowiednie akredytowane laboratorium - wynik testu udokumentowany stosowanym raportem	
Moduły powinny przejść test na obciążenie 5400Pa - wymagany dokument poświadczający wynik testu	
Moduły powinny posiadać gniazdo przyłączeniowe IP65	
Gwarancja udzielona przez producenta na produkt powinna wynosić co najmniej 15 lat. Gwarancja udzielona przez producenta 12 lat 90% nominalnej wartości mocy wyjściowej a 25 lat 80% wyjściowej mocy nominalnej.	
Parametry modułów oraz ich komponenty powinny spełniać wymagania norm: IEC 61215, IEC 61730-1/-2, ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001	

2.2.2. Inwertery sieciowe

Urządzeniem odpowiedzialnym za współpracę z generatorami będą beztransformatoryczne falowniki trójfazowe o mocy min. 20 kW i min. 15 kW, które wyposażone są w wyłączniki mocy DC. Inwerter powinien umożliwiać komunikację w celu centralnego monitoringu pracy wszystkich przetwornic. Minimalne parametry charakteryzujące wybrany inwerter przedstawia poniższa tabela:

Tabela nr 2

Inwerter o mocy min. 20 kW

Wejście DC	
Maks. moc DC (@ $\cos \varphi = 1$) / moc znamionowa DC	20000 W / 20000 W
Maks. napięcie wejściowe	1000 V
Zakres napięcia MPP / znamionowe napięcie wejściowe	410 V – 800 V / 600 V
Min. napięcie wejściowe	180 V
Maks. prąd wejściowy wejście A / wejście B	33,0 A / 27,0 A
Liczba niezależnych wejść MPP / min. pasm na wejście MPP	2 / A:3; B:3
Wyjście AC	
Moc znamionowa	20000 W
Napięcie znamionowe AC	3-NPE 400 V / 230 V lub 3~NPE 380 V / 220 V (+20%/-30%)
Znamionowa częstotliwość sieci / znamionowe napięcie sieci	50 Hz / 60 Hz (45-65 Hz)
Maks. prąd wyjściowy	29 A
Fazy zasilania / fazy przyłącza	3/3
Min. sprawność / min. sprawność europ.	98,0% / 97,7%
Punkt odłączenia po stronie wejścia	Tak
Kontrola uziemienia / kontrola sieci	Tak/Tak
Klasa ochrony (wg IEC 62109-1) / kategoria przepięcia (wg IEC 62109-1)	I / AC: III; DC: II
Dane ogólne	
Zakres temperatury roboczej	-25°C ...+60°C
Topologia / zasada chłodzenia	Bez transformatora / mechaniczna
Zużycie własne (noc)	<1 W

Stopień ochrony (wg IEC 60529)	IP66
Dopuszczalna maksymalna wilgotność względna (bez skraplania)	100%
Gwarancja:	7 lat
Certyfikaty i dopuszczenia	IEC 61727, IEC 62109-1/2, IEC 62116,

Tabela nr 3

Inwerter o mocy min. 15 kW

Wejście DC	
Maks. moc DC (@ $\cos \varphi = 1$) / moc znamionowa DC	15000 W / 15000 W
Maks. napięcie wejściowe	1000 V
Zakres napięcia MPP / znamionowe napięcie wejściowe	310 V – 800 V / 600 V
Min. napięcie wejściowe	200 V
Maks. prąd wejściowy wejście A / wejście B	33,0 A / 27,0 A
Liczba niezależnych wejść MPP / min. pasm na wejście MPP	3 / A:3; B:3
Wyjście AC	
Moc znamionowa	15000 W
Napięcie znamionowe AC	3-NPE 400 V / 230 V lub 3~NPE 380 V / 220 V (+20%/-30%)
Znamionowa częstotliwość sieci / znamionowe napięcie sieci	50 Hz / 60 Hz (45-65 Hz)
Maks. prąd wyjściowy	21,7 A
Fazy zasilania / fazy przyłącza	3/3
Min. sprawność / min. sprawność europ.	98,0% / 97,7%
Punkt odłączenia po stronie wejścia	Tak
Kontrola uziemienia / kontrola sieci	Tak/Tak

Klasa ochrony (wg IEC 62109-1) / kategoria przepięcia (wg IEC 62109-1)	I / AC: III; DC: II
Dane ogólne	
Zakres temperatury roboczej	-25°C ...+60°C
Topologia / zasada chłodzenia	Bez transformatora / mechaniczna
Zużycie własne (noc)	<1 W
Stopień ochrony (wg IEC 60529)	IP66
Dopuszczalna maksymalna wilgotność względna (bez skraplania)	100%
Gwarancja:	7 lat
Certyfikaty i dopuszczenia	IEC 61727, IEC 62109-1/2, IEC 62116,

Inwerter posiadać będzie wbudowane zabezpieczenia: zerowo-nadnapięciowe, zabezpieczenia do ochrony przed: obniżeniem napięcia, wzrostem napięcia oraz zapobiegające pracy niepełno fazowej.

2.3. Opis rozwiązania układu ON-GRID.

Specyfikacja działania sieciowego systemu fotowoltaicznego polega na produkcji energii elektrycznej z generatorów fotowoltaicznych w postaci prądu stałego, a następnie przekształceniu na prąd przemienny o napięciu 400V przez inwertery trójfazowe. Energia ta będzie wykorzystywana na własne potrzeby kompleksu Kąpieliska. Moduły fotowoltaiczne o łącznej mocy 39,52 kWp zostaną zainstalowane na dachu od strony południowo-zachodniej i od strony północno-wschodniej zgodnie z jego nachyleniem na aluminiowej konstrukcji wsporczej.

Strona stałoprądowa zabezpieczona zostanie wkładkami topikowymi w przypadku równoległego łączenia łańcuchów paneli.

Strona zmiennoprądowa (AC) zabezpieczona zostanie wkładkami topikowymi w rozłączniku bezpiecznikowym umożliwiającym stworzenie widocznej przerwy w obwodzie.

3. INFORMACJA DOTYCZĄCA BEZPIECZEŃSTWA I OCHRONY ZDROWIA

PROJEKT BUDOWLANY INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ

INWESTOR: URZĄD MIASTA JASTRZĘBIE
44-335 JASTRZĘBIE-DRÓJ
AL. PIŁSUDSKIEGO 60

OBIEKT: KĄPIELISKO ZDRÓJ

ADRES: JASTRZĘBIE-ZDRÓJ, UL. WITCZAKA

*Gmina: M. Jastrzębie-Zdrój
Obręb: 0008, Jastrzębie-Zdrój
Jedn. ewid. 246701_1 M. Jastrzębie-Zdrój
Kategoria: V
Działka: 935/22*

OPRACOWAŁ:

inż. DARIUSZ BIAŁECKI
upr. nr SLK/0940/PWOE/05

3.1 Zakres opracowania

Zakres opracowania obejmuje wykonanie instalacji fotowoltaicznej na budynku pawilonu Kąpieliska Zdrój na działce 935/22. Kolejność wykonywania ustalona jest technologią robót tj. montaż elementów wsporczych paneli PV, ułożenie tras kablowych i kabli, montaż i łączenie paneli, rozdzielnic DC, rozdzielnic AC, a następnie wpięcie instalacji PV do istniejącej instalacji elektrycznej.

3.2 Wykaz istniejących obiektów budowlanych

Budynek pawilonu kąpieliska, 1-kondygnacyjny

3.3 Istniejące elementy zagospodarowania mogące stwarzać zagrożenia.

- brak

3.4 Zagrożenia mogące wystąpić w toku realizacji robót.

Wykonywane roboty będą mogły stwarzać następujące zagrożenia:

- od ruchomych elementów sprzętu transportowego i elektronarzędzi - w całym zakresie prowadzonych prac
- porażenia prądem elektrycznym w trakcie prac pomiarowo-montażowych
- upadku z wysokości przy pracach montażowych na dachu i na elewacji

3.5 Instruktaże i szkolenia pracowników

Realizację zadania należy poprzedzić szkoleniem pracowników w tematyce prowadzenia robót na wysokości. Szkolenia powinien prowadzić specjalista d/s BHP.

Z chwilą wejścia na teren budowy każdy z pracowników musi zostać poddany szkoleniu stanowiskowemu w zakresie realizowanych prac, co powinno być odnotowane w zeszycie szkoleń. Instruktaże winne być powtarzane w cyklach tygodniowych.

Każdy zatrudniony powinien znać zasady postępowania w przypadku występowania zagrożeń, tzn.:

- pracy na wysokościach (również z kosza podnośnika samochodowego)
- robót w pobliżu uzbrojenia energetycznego,
- stosowania środków ochrony osobistej,
- udzielania pierwszej pomocy w razie wypadku.

W przypadku pojawienia się jakiegokolwiek zagrożenia, pracownicy przebywający w niebezpiecznej strefie, powinni się z niej wycofać, powiadamiając osobę dozoru o powstałej sytuacji.

Na terenie prowadzenia prac każdy pracownik winien posiadać niezbędny sprzęt ochrony osobistej, tj. hełm ochronny, rękawice ochronne, ubranie i buty robocze. Odzież robocza pracowników powinna mieć naszywki z nazwą firmy. Prowadzenie robót powinno się odbywać pod bezpośrednim nadzorem brygadzysty lub mistrza budowy, zaś dopuszczenie do prac niebezpiecznych winno być prowadzone na podstawie szczegółowych przepisów.

Całość robót wykonać zgodnie z:

- Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 17.09.1999r w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach i instalacjach energetycznych (Dz.U. Nr 80 poz. 912)
- Rozporządzeniem ministra Infrastruktury w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania robót budowlanych z dnia 6 lutego 2003r. (Dz.U. 47 poz. 401)
- N-SEP-E-004 „Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe. Projektowanie i budowa”

3.6 Środki techniczne i organizacyjne zapobiegające zagrożeniom

Teren prowadzenia prac oraz drogi komunikacyjne i ewakuacyjne należy w sposób wyraźny oznakować przy pomocy:

- znaków ostrzegawczych,
- barierek i siatek,

Podczas pracy na wysokości pracownicy muszą stosować atestowane i odebrane przez kierownika budowy rusztowania, szelki i linki asekuracyjne

Na terenie budowy powinna znajdować się apteczka ze środkami pierwszej pomocy

Podczas wyładowań atmosferycznych i burz zabronione jest wykonywanie prac na dachu i elewacji.

4. OBLICZENIA TECHNICZNE

4.1. BILANS MOCY

Inwerter 1:

Moc maksymalna:	P_m= 20 kW
Moc zainstalowana:	P_i= 23,4 kWp
Współczynnik jednoczesności:	k=1

Inwerter 2:

Moc maksymalna:	P_m= 15 kW
Moc zainstalowana:	P_i= 16,12 kWp
Współczynnik jednoczesności:	k=1

4.2. DOBÓR ZABEZPIECZEŃ

Inwerter 1:

Moc maksymalna P_m= 20 kW

Prąd maksymalny I_m
$$I_m = \frac{P_m}{(\sqrt{3} * U_n * \cos \varphi)} = \frac{20000}{(\sqrt{3} * 400 * 1)} = 28,9 A$$

Dobrano zabezpieczenie bezpiecznikiem topikowym 40A gL/gG

Inwerter 2:

Moc maksymalna P_m= 15 kW

Prąd maksymalny I_m
$$I_m = \frac{P_m}{(\sqrt{3} * U_n * \cos \varphi)} = \frac{15000}{(\sqrt{3} * 400 * 1)} = 21,6 A$$

Dobrano zabezpieczenie bezpiecznikiem topikowym 32A gL/gG

4.3. OBLICZENIE SKUTECZNOŚCI DZIAŁANIA ZABEZPIECZEŃ ZWARCIOWYCH JAKO ELEMENTÓW OCHRONY PRZECIWPORAŻENIOWEJ PRZEZ SAMOCZYNNE SZYBKIE WYŁĄCZENIE PRĄDU.

4.3.1. OBLICZANIE IMPEDANCJI PĘTLI ZWARCIA

$$R_Z = R_T + 2 \cdot (R_{L1} + R_{L2} + R_{L3} + \dots)$$

$$X_Z = X_T + 2 \cdot (X_{L1} + X_{L2} + X_{L3} + \dots)$$

$$Z_s = \sqrt{R_z^2 + X_z^2}$$

gdzie:

R_z, X_z - rezystancja i reaktancja zastępcza obwodu zwarciovego [Ω]

R_T, X_T - rezystancja i reaktancja transformatora [Ω]

R_L, X_L - rezystancje i reaktancje obwodów odbiorczych niskiego napięcia [Ω]

Z_s - impedancja zastępcza obwodu zwarciovego [Ω]

4.3.2. OBLICZANIE PRĄDU ZWARCIA JEDNOFAZOWEGO

$$I_a = \frac{0,8 \cdot U_0}{Z_s}$$

gdzie:

I_a - prąd zwarciovowy powodujący samoczynne zadziałanie zabezpieczenia [A]

U_0 - napięcie fazowe względem ziemi [V]

4.3.3. OBLICZENIE SKUTECZNOŚCI ZADZIAŁANIA ZABEZPIECZENIA

$$I_s > k \cdot I_b$$

gdzie:

k - krotność zadziałania zabezpiecz. zwarciovowego (z charakterystyki czasowo-prądowej) dla czasu $t=0,4s$

I_b - wartość wkładki zabezpieczenia zwarciovowego [A]

UWAGI!

Dla obliczenia skuteczności zadziałania zabezpieczeń zwarciovowych założono parametry stacji transformatorowej oraz sieci rozdzielczej bez uwzględniania wpływu źródła energii jakim jest inwerter – nie posiada od wirującej masy, a przy zwarciu następuje wyłączenie inwertera przez zabezpieczenie od pracy wyspowej w ciągu 0,5 do 1s. Wyniki obliczeń skuteczności zadziałania zabezpieczeń zwarciovowych i spadku napięcia przedstawiono w załączniku.

4.4. WYZNACZENIE PRZEKROJU PRZEWODÓW ZE WZGLĘDU NA DOPUSZCZALNY SPADEK NAPIĘCIA

Sprawdzenie spadku napięcia przy przepływie prądu znamionowego:

Inwerter 1:

Przyjęto maksymalny prąd obciążenia $I_o = 29A$ oraz wartość współczynnika mocy $\cos \varphi = 1,0$.

Typ przyjętego kabla: YKY 5x10 Długość kabla: 10m

$$\Delta U_{\%} = \frac{100\sqrt{3}I_o l \cos \varphi}{\gamma S U} = \frac{100\sqrt{3} * 29 * 10 * 1}{56 * 10 * 400} = 0,22\%$$

Inwerter 2:

Przyjęto maksymalny prąd obciążenia $I_o = 21,6A$ oraz wartość współczynnika mocy $\cos \varphi = 1,0$.
Typ przyjętego kabla: YKY 5x6 Długość kabla: 10m

$$\Delta U_{\%} = \frac{100\sqrt{3}I_o l \cos \varphi}{\gamma S U} = \frac{100\sqrt{3} * 21,6 * 10 * 1}{56 * 6 * 400} = 0,28\%$$

Spadek napięcia przy przepływie prądu znamionowego inwerterów mieści się w wartościach dopuszczalnych dla połączenia inwertera z szynami rozdzielni głównej – dopuszczalny spadek napięcia 1%.

4.5. WYZNACZENIE PRZEKROJU PRZEWODÓW ZE WZGLĘDU NA OBCIĄŻALNOŚĆ PRĄDOWĄ

Przy wyznaczeniu przekroju przewodów ze względu na obciążalność prądową długotrwałą dla strony AC inwerterów fotowoltaicznych uwzględnia się:

- prąd maksymalny nigdy nie przekracza wartości znamionowej inwertera – nie występują dorywcze przeciążenia
- współczynnik obciążenia 1 – możliwa długotrwała praca z obciążeniem maksymalnym

Do określenia obciążalności długotrwałej przyjęto temperaturę powietrza ciepłego lata $V_o=30^{\circ}C$, temperaturę gleby Sposób ułożenia D, kable w osłonie mechanicznej ułożone w ziemi, gleba piaszczysto-gliniasta (rezystywność cieplna gruntu 1,5 K.m/W) oraz B2 kable w osłonie mechanicznej na murze.

4.5.1. Inwerter 1:

I_{dd} kabla YKY 5x10, zgodnie z danymi producenta dla ułożenia w powietrzu i temp. $25^{\circ}C$: 63A
Po uwzględnieniu sposobu ułożenia i temperatury $V_o=30^{\circ}C$: $I_{dd} = 46A$.

I_{dd} kabla YKY 5x10, zgodnie z danymi producenta dla ułożenia w wilgotnej ziemi (rezystywność cieplna gruntu 1,0 K.m/W) i temp. $20^{\circ}C$, przy współczynniku obciążenia 0,7: 75A. Po uwzględnieniu sposobu ułożenia i współczynnika obciążenia 1 $I_{dd} = 54A$.

Do dalszej analizy przyjmuje się wartość najmniejszą.

Sprawdzenie doboru - zabezpieczenie linii przed prądem przetężeniowym:

$$29 A \leq 40 A \leq 46 A$$

Warunek $I_o \leq I_{bN} \leq I_{dd}$ spełniony

Kable są podłączone do pojedynczego inwertera i nie muszą być zabezpieczone przed przeciążeniem. Nie musi być zatem spełniony warunek obowiązujący w instalacjach budynków:
 $I_2 \leq 1,45 * I_{dd}$

WNIOSEK: Zastosowane wkładki 40A zabezpieczają kabel od przeciążeń

4.5.2. Inwerter 2:

I_{dd} kabla YKY 5x6, zgodnie z danymi producenta dla ułożenia w powietrzu i temp. $25^{\circ}C$: 45A
Po uwzględnieniu sposobu ułożenia i temperatury $V_o=30^{\circ}C$: $I_{dd} = 34A$.

I_{dd} kabla YKY 5x6, zgodnie z danymi producenta dla ułożenia w wilgotnej ziemi (rezystywność cieplna gruntu 1,0 K.m/W) i temp. 20°C, przy współczynniku obciążenia 0,7: 56A. Po uwzględnieniu sposobu ułożenia i współczynnika obciążenia 1 $I_{dd} = 40,3A$.
Do dalszej analizy przyjmuje się wartość najmniejszą.

Sprawdzenie doboru - zabezpieczenie linii przed prądem przetężeniowym:

$$21,6 A \leq 32 A \leq 34 A$$

Warunek $I_0 \leq I_{bN} \leq I_{dd}$ spełniony

Kable są podłączone do pojedynczego inwertera i nie muszą być zabezpieczone przed przeciążeniem. Nie musi być zatem spełniony warunek obowiązujący w instalacjach budynków:
 $I_2 \leq 1,45 \cdot I_{dd}$

WNIOSEK: Zastosowane wkładki 32A zabezpieczają kabel od przeciążeń

4.5.2. Sprawdzenie doboru - zabezpieczenie linii przed prądem zwarciovym

Rozpatruje się przypadek najbardziej niekorzystny, gdy zwarcie następuje w niewielkiej odległości od zasilania. Całka Joule'a wyłączenia bezpiecznika gL/gG 40A wynosi $I^2t = 9000 A^2s$, wobec czego ze względu na obciążalność zwarciovą cieplną każda z miedzianych żył kabli ($k = 115 A/mm^2$) stanowiących linię powinna mieć przekrój nie mniejszy niż

$$s = \frac{1}{k} \sqrt{\frac{I^2t}{1}} = \frac{1}{115} \sqrt{9000} = 0,82 mm^2$$

WNIOSEK: Warunek ochrony przed prądem zwarciovym spełniony.

4.6. WYZNACZENIE PRZEKROJU PRZEWODÓW PO STRONIE DC.

Przekroje przewodów dobrano z warunku na prąd dopuszczalny długotrwale oraz dopuszczalny spadek napięcia w przewodach DC i AC. Przy przepływie prądów znamionowych spadek napięcia nie może być większy niż 1%. Sprawdzenie doboru przewodów po stronie DC dokonano za pomocą specjalistycznego programu.

Zgodnie z danymi technicznymi zaprojektowanych modułów prąd łańcucha (stringu) wynosi:
Prąd maksymalny $I_{mpp} = 8,37A$. Dobrano przewód solarny o przekroju $4mm^2$.

I_{dd} kabla BiT 1000 solar 1x4, zgodnie z danymi producenta dla ułożenia w powietrzu i temp. 30°C: 34A.

W przypadku połączenia równoległego 3 stringów prąd do inwertera $3 \cdot I_{mpp} = 24,11A$.

Dobrano przewód solarny o przekroju $1 \times 10 mm^2$.

I_{dd} kabla BiT 1000 solar 1x10, zgodnie z danymi producenta dla ułożenia w powietrzu i temp. 30°C: 61A.

4.7. ZABEZPIECZENIA PO STRONIE DC

Przyłączeniu równoległym paneli fotowoltaicznych w łańcuchy, zacinienie jednego z paneli powoduje, że cały prąd płynący w pozostałych łańcuchach przepływa przez łańcuch z zaciętym modulem. Jest to tzw. prąd wsteczny lub inaczej też "rewersyjny". Jego wartość zależy od ilości równolegle połączonych łańcuchów i jest równa:

$$I_n = (n-1) * I_{SC}$$

gdzie:

I_n - wartość prądu rewersyjnego

n - ilość równolegle połączonych łańcuchów

I_{SC} - wartość prądu zwarcia modułu

Dla zaprojektowanych modułów $I_{SC} = 8,98 \text{ A}$, stąd $I_n = 17,96 \text{ A}$

Zgodnie z IEC 60269-6 I_{BN} wkładki ma zawierać się w zakresie $1,4 * I_{SC} \leq I_{BN} \leq 2,4 * I_{SC}$

Dobrano wkładki 15A o charakterystyce gPV DC.

$12,57 \text{ A} \leq 15 \text{ A} \leq 21,55 \text{ A}$ warunek spełniony.

W łańcuchach nie łączonych równolegle bezpieczniki mają rolę wyłącznie stworzenia widocznej przerwy w obwodzie.