

PROJEKT TECHNICZNY INSTALACJE ELEKTRYCZNE

INSTALACJA FOTOWOLTAICZNA

Nazwa instalacji: INSTALACJA FOTOWOLTAICZNA O MOCY 49,82 KWP

Adres Instalacji: UL. KOŁŁĄTAJA 5
78-100 KOŁOBRZEG

Inwestor MIEJSKA ENERGETYKA CIEPLNA
W KOŁOBRZEGU SP. Z O.O.
UL. KOŁŁĄTAJA 3
78-100 KOŁOBRZEG

Autor: mgr inż. ROMAN PAWLICKI
nr upr. ZAP/0196/PWBE/17

Kołobrzeg, 23 maja 2024 r.

SPIS TREŚCI

OPIS TECHNICZNY	2
DOKUMENTY FORMALNO - PRAWNE	3
1.1. ZESTAWIENIE URZĄDZEŃ PROJEKTOWANEJ INSTALACJI	8
1.2. OPIS PROJEKTOWANYCH ROZWIĄZAŃ	8
1.3. MODUŁY FOTOWOLTAICZNE INSTALACJI	8
1.4. FALOWNIK INSTALACJI	10
1.5. OPTYMALIZATOR MOCY	11
1.6. KONFIGURACJA SYSTEMU FOTOWOLTAICZNEGO	14
1.6.1. MOC INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ	14
1.6.2. ZMIANA NAPIĘCIA NA 1 STOPIEŃ CELCJUSZA	15
1.6.3. NAPIĘCIE W SKRAJNYCH TEMPERATURACH PRACY DLA POSZCZEGÓLNYCH MODUŁÓW ORAZ NAPIĘCIE OBWODU OTWARTEGO	15
1.6.4. NAPIĘCIE MODUŁU W PUNKCIE MOCY MAKSYMALNEJ W TEMPERATURZE -25°C	15
1.6.5. NAPIĘCIE W PUNKCIE MOCY MAKSYMALNEJ W TEMPERATURZE +70°C	15
1.7. PRZEWODY FOTOWOLTAICZNE	16
1.7.1. PRZEKRÓJ PRZEWODÓW DC	16
1.7.2. PRZEKRÓJ ŻYŁY W KABLU AC	16
1.8. ZABEZPIECZENIA INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ	17
1.8.1. INSTALACJA ODGROMOWA, OGRANICZNIK PRZEPIĘĆ, UZIEMIENIE I POŁĄCZENIE WYRÓWNAWCZE	17
1.8.2. ZABEZPIECZENIE PRZED PRZETĘŻENIAMI	18
1.8.3. INNE ZABEZPIECZENIA	21
1.9. KONSTRUKCJA MONTAŻOWA INSTALACJI PV	21
1.10. OCHRONA PRZECIWPOŻAROWA	23
1.10.1. ZASTOSOWANE ROZWIĄZANIA W CELU OGRANICZENIA RYZYKA WYSTĄPIENIA POŻARU	23
1.10.2. AKTYWNE ROZWIĄZANIA TECHNICZNE W CELU OGRANICZENIA RYZYKA WYSTĄPIENIA POŻARU	25
1.11. OCHRONA PRZECIWPORAŻENIOWA	25
1.12. PLANOWANY PRZEBIEG PRAC MONTAŻOWYCH	25
1.13. UWAGI KOŃCOWE	25
BIOZ	27
Rys.1. ROZMIESZCZENIE PANELI FOTOWOLTAICZNYCH	29
Rys.2. SCHEMAT IDEOWY INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ	30

DOKUMENTY FORMALNO – PRAWNE

- oświadczenie projektanta
- uprawnienia projektanta
- zaświadczenie o przynależności projektanta do OIIB

Kołobrzeg, 23.05.2024

OŚWIADCZENIE

Zgodnie z wymogiem art. 34 ust. 3d pkt. 3 ustawy z dnia 7 lipca 1994r. - Prawo Budowlane (Dz. U. z 2020r., poz. 1333 z późn. zm.) oświadczam, że niniejszy projekt techniczny **instalacji fotowoltaicznej o mocy 49,82 kW, 78-100 Kołobrzeg, ul. Kołłątaja 5**, sporządzono zgodnie z obowiązującymi przepisami oraz zasadami wiedzy technicznej.

Autor:
mgr inż. Roman Pawlicki
upr. nr ZAP/0196/PWBE/17



ZACHODNIOPOMORSKA
OKRĘGOWA
IZBA INŻYNIERÓW
BUDOWNICTWA

Szczecin, dnia 11 grudnia 2017 r.

OKRĘGOWA KOMISJA KWALIFIKACYJNA

Sygn. akt: OKK-0054-0055-0071(7)/17

DECYZJA

Na podstawie art. 24 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 15 grudnia 2000 r. o samorządach zawodowych architektów oraz inżynierów budownictwa (t.j. Dz. U. z 2016 r. poz. 1725), art. 12 ust. 2, ust. 3, ust. 4c pkt 3 i art. 14 ust. 1 pkt 4 lit. c ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (t.j. Dz. U. z 2017 r. poz. 1332, ze zm.) oraz § 14 ust. 5 rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 11 września 2014 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie (Dz. U. z 2014 r. poz. 1278), po ustaleniu, że zostały spełnione warunki w zakresie przygotowania zawodowego oraz po złożeniu egzaminu na uprawnienia budowlane z wynikiem pozytywnym

Pan Roman Józef Pawlicki
magister inżynier elektrotechniki
ur. dnia 17 stycznia 1973 r. w Kołobrzegu
otrzymuje

UPRAWNIENIA BUDOWLANE
numer ewidencyjny ZAP/0196/PWBE/17
do projektowania i kierowania robotami budowlanymi
w specjalności instalacyjnej w zakresie sieci, instalacji i urządzeń
elektrycznych i elektroenergetycznych
bez ograniczeń.

Uzasadnienie

W związku z uwzględnieniem w całości żądania strony, na podstawie art. 107 § 4 ustawy z dnia 14 czerwca 1960 r. Kodeks postępowania administracyjnego (t.j. Dz. U. z 2017 r. poz. 1257) - zwanej dalej „K.p.a.”, odstępuje się od uzasadnienia decyzji. Zakres nadanych uprawnień budowlanych wskazano na odwołanie decyzji.

Pouczenie

Od niniejszej decyzji służy odwołanie do Krajowej Komisji Kwalifikacyjnej Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa w Warszawie, za pośrednictwem Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej Zachodniopomorskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa w Szczecinie w terminie 14 dni od daty jej doręczenia.

Zgodnie z treścią art. 127a K.p.a.:

§ 1. W trakcie biegu terminu do wniesienia odwołania strona może zrzec się prawa do wniesienia odwołania wobec organu administracji publicznej, który wydał decyzję.

§ 2. Z dniem doręczenia organowi administracji publicznej oświadczenia o zrzeczeniu się prawa do wniesienia odwołania przez ostatnią ze stron postępowania, decyzja staje się ostateczna i prawomocna.

W przypadku złożenia przez stronę oświadczenia o zrzeczeniu się prawa do odwołania od decyzji, stronie nie przysługują prawo do odwołania się ani skargi do sądu administracyjnego.



Skład orzekający Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej

mgr inż. Andrzej Gałkiewicz
Przewodniczący OKK

mgr inż. Edmund Tumielewicz
Z-ca Przewodniczącego OKK

inż. Stanisław Kamiński
Członek OKK

Otrzymują:

1. Pan Roman Józef Pawlicki
Stary Borek 51d, 78-132 Grzybowo
2. Okręgowa Rada ZOIB
3. Główny Inspektor Nadzoru Budowlanego
4. OKK – aa

Uprawnienia budowlane nadane

Panu Romanowi Józefowi Pawlickiemu
magistrowi inżynierowi elektrotechniki
ur. dnia 17 stycznia 1973 r. w Kołobrzegu

numer ewidencyjny ZAP/0196/PWBE/17
do projektowania i kierowania robotami budowlanymi
w specjalności instalacyjnej w zakresie sieci, instalacji i urządzeń
elektrycznych i elektroenergetycznych
bez ograniczeń

upoważniają w zakresie nadanej specjalności:

I. na podstawie art. 12 ust. 1 pkt 1, pkt 2, pkt 3, pkt 4 i pkt 5 oraz art. 13 ust. 3 i ust. 4 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane do:

- 1) projektowania, sprawdzania projektów architektoniczno-budowlanych i sprawowania nadzoru autorskiego,
- 2) kierowania budową lub innymi robotami budowlanymi,
- 3) kierowania wytwarzaniem konstrukcyjnych elementów budowlanych oraz nadzoru i kontroli technicznej wytwarzania tych elementów,
- 4) wykonywania nadzoru inwestorskiego,
- 5) sprawowania kontroli technicznej utrzymania obiektów budowlanych;

II. na podstawie § 14 ust. 5 i § 10 rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 11 września 2014 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie do:

- 1) projektowania obiektu budowlanego i kierowania robotami budowlanymi związanymi z **obiektem budowlanym**, takim jak: sieci, instalacje i urządzenia elektryczne i elektroenergetyczne, w tym kolejowe, trolejbusowe i tramwajowe sieci trakcyjne, sieci trakcyjne metra, wraz z instalacjami i urządzeniami technicznymi zasilania, w tym kolejowej, trolejbusowej i tramwajowej sieci trakcyjnej, sieci trakcyjne metra oraz elektrycznego ogrzewania rozjazdów,
- 2) sporządzania projektu zagospodarowania działki lub terenu.



Skład orzekający Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej

mgr inż. Andrzej Gałkiewicz
Przewodniczący OKK

mgr inż. Edmund Tumielewicz
Z-ca Przewodniczącego OKK

inż. Stanisław Kamiński
Członek OKK



Zaświadczenie

o numerze weryfikacyjnym:
ZAP-186-LL3-WFI *

Pan Roman Józef PAWLICKI o numerze ewidencyjnym ZAP/IE/0018/18
adres zamieszkania STARY BOREK 51 D, 78-132 GRZYBOWO
jest członkiem Zachodniopomorskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa i posiada
wymagane ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.
Niniejsze zaświadczenie jest ważne od 2024-02-01 do 2024-12-31.

Zaświadczenie zostało wygenerowane elektronicznie i opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym
weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu w dniu 2024-01-05 roku przez:

Jan Bobkiewicz, Przewodniczący Rady Zachodniopomorskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

(Zgodnie art. 5 ust 2 ustawy z dnia 18 września 2001 r. o podpisie elektronicznym (Dz. U. 2001 Nr 130 poz. 1450) dane w postaci elektronicznej opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu są równoważne pod względem skutków prawnych dokumentom opatrzonym podpisami własnoręcznymi.)

* Weryfikację poprawności danych w niniejszym zaświadczeniu można sprawdzić za pomocą numeru weryfikacyjnego zaświadczenia na stronie Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa www.piib.org.pl lub kontaktując się z biurem właściwej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

OPIS TECHNICZNY

1.1. ZESTAWIENIE URZĄDZEŃ PROJEKTOWANEJ INSTALACJI

Moduły fotowoltaiczne:	94 szt. – LONGI LR5-66HTH-530M (49,82 kWp)
Falowniki:	1szt. – SolarEdge SE25K
	1szt. – SolarEdge SE17K
Optymalizatory mocy:	28 szt. – SolarEdge P1100
	38 szt. – SolarEdge S650B

1.2. OPIS PROJEKTOWANYCH ROZWIĄZAŃ

Projektowane moduły fotowoltaiczne zamontowane zostaną na dedykowanej konstrukcji montażowej zainstalowanej na ziemi. W przedmiotowej instalacji połączone ze sobą moduły przyłączone zostaną do falownika za pomocą przewodu w podwójnej izolacji, odpornego na promieniowanie UV oraz zmienne warunki atmosferyczne, dedykowanego do zastosowań fotowoltaicznych. Falowniki instalacji wpięte zostaną równoległe do istniejącej instalacji elektrycznej obiektu za pomocą kabla przeznaczonego do pracy z napięciem przemiennym. Zarówno strona prądowa DC jak i AC zabezpieczone zostaną odpowiednią aparaturą. Energia elektryczna wyprodukowana w systemie wykorzystywana będzie na potrzeby własne obiektu.

1.3. MODUŁY FOTOWOLTAICZNE INSTALACJI

Moduły fotowoltaiczne odpowiadają za produkcję energii elektrycznej bezpośrednio z promieniowania słonecznego, wykorzystując przy tym efekt fotowoltaiczny. W projektowanej instalacji zastosowane zostały moduły wyprodukowane przez firmę LONGI Solar (model LONGI LR5-66HTH-530M), które objęte są 30 letnią gwarancją na moc oraz 15 letnią gwarancją produktową.

Powierzchnia modułów	Szereg 1	Szereg 2
Moduł	LR5-66HTH-530M	LR5-66HTH-530M
Ilość modułów	28	28
D / S / W (mm)	2094/1134/35	2094/1134/35
Waga (kg)	26	26
Moc	14,84 kWp	14,84 kWp

Powierzchnia modułów	Szereg 3	Szereg 4
Moduł	LR5-66HTH-530M	LR5-66HTH-530M
Ilość modułów	19	19
D / S / W (mm)	2094/1134/35	2094/1134/35
Waga (kg)	18	18
Moc	10,07 kWp	10,07 kWp

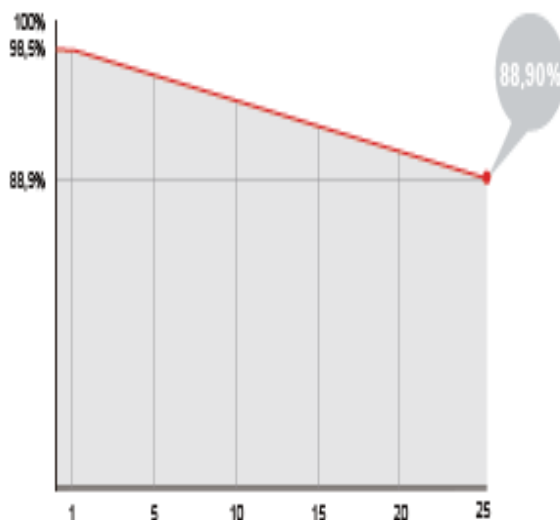
Dane elektryczne

Parametry elektryczne STC: AM 1,5 1000 W/m² 25°C NOCT: AM 1,5 800 W/m² 20°C 1m/s Niepewność pomiaru dla Pmax: ±3%

Typ modułu	LR5-66HTH-520M		LR5-66HTH-525M		LR5-66HTH-530M		LR5-66HTH-535M		LR5-66HTH-540M	
Warunki badania	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Moc maksymalna (Pmax/W)	520	388,6	525	392,3	530	396	535	399,8	540	403,5
Napięcie jałowe (Voc/V)	48,27	45,32	48,42	45,46	48,57	45,60	48,72	45,75	48,87	45,89
Prąd zwarciovowy (Isc/A)	13,84	11,18	13,93	11,25	14,00	11,31	14,07	11,37	14,15	11,43
Napięcie przy mocy maksymalnej (Vmp/V)	39,91	36,42	40,06	36,55	40,22	36,70	40,38	36,85	40,53	36,99
Natężenie prądu przy mocy maksymalnej (Imp/A)	13,03	10,68	13,11	10,74	13,18	10,80	13,25	10,86	13,33	10,92
Sprawność modułu (%)	21,9		22,1		22,3		22,5		22,7	

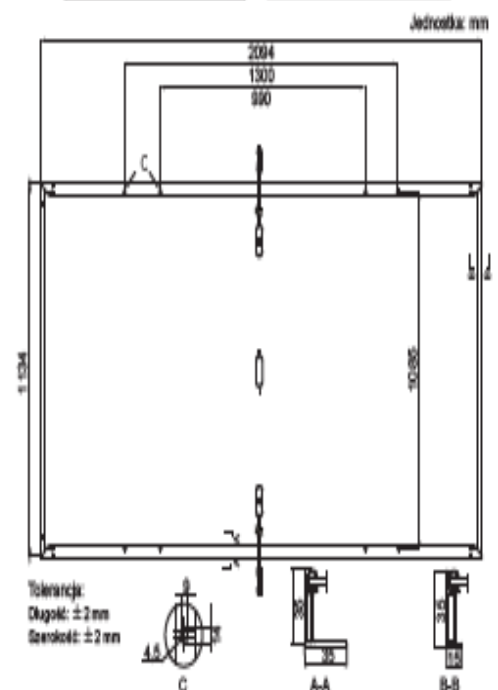
Dodatkowa wartość

25-letnia gwarancja mocy



Parametry mechaniczne

Rozmieszczenie ogniw	132 (6x22)
Klasa szczelności przyłącza	IP68
Przewód wyjściowy	4 mm ² , +400,-200mm±1400 mm możliwość dostosowania długości
Szkló	Jedna warstwa, szkló hartowane powlekane 3,2 mm
Rama	Rama z anodowanego stopu aluminium
Waga	26 kg
Wymiary	2094X1134X35 mm
Opakowanie	31 szt. na palecie / 155 szt. w kont. 20'GP / 682 szt. w kont. 40'HC



1.4. FALOWNIK INSTALACJI

Falownik pełni rolę konwertera energii elektrycznej powstałej w modułach fotowoltaicznych, w postaci napięcia i natężenia prądu stałego, na energię o parametrach występujących w instalacji elektrycznej obiektu, tj. napięcia i natężenia prądu przemiennego. W projektowanej instalacji zastosowane zostaną 2 szt. falowników producenta SolarEdge – SE25K i SE17K. Falowniki SolarEdge przeznaczone są do współpracy z 3-fazową instalacją elektryczną i charakteryzują się następującymi parametrami:

	SE12.5K	SE15K	SE16K	SE17K	SE25K	SE27.6K	
WYJŚCIE							
Moc znamionowa prądu zmiennego	12500	15000	16000	17000	25000 ⁽¹⁾	27600	VA
Moc maksymalna AC	12500	15000	16000	17000	25000 ⁽¹⁾	27600	VA
Napięcie wyjściowe AC - faza do fazy / faza do przewodu zerowego (napięcie znamionowe)	380 / 220 ; 400 / 230						Vac
AC - zakres napięcia wyjściowego - faza do przewodu zerowego	184 - 264,5						Vac
Częstotliwość AC	50/60 ± 5						Hz
Maksymalny ciągły prąd wyjściowy (na fazę)	20	23	25,5	26	38	40	A
Obsługiwane sieci – trójfazowa	3 / N / PE (uziemia punkt zerowym sieć gwiazdowa z przewodem zerowym)						V
Monitoring sieci, ochrona przed tworzeniem wysp, konfigurowany współczynnik mocy, konfigurowane w zależności od kraju wartości progowe	Tak						
WEJŚCIE							
Moc maksymalna DC (moduł STC)	16850	20250	21600	22950	33750	37250	W
Bez transformatora, nieuziemia	Tak						
Maksymalne napięcie wejściowe	900						Vdc
Znamionowe napięcie wejściowe DC	750						Vdc
Maksymalny prąd wejściowy	21	22	23	23	37	40	Adc
Zabezpieczenie przed odwrotną polaryzacją	Tak						
Detekcja zwarcí doziemnych	Czułość 700kΩ				Czułość 350kΩ ⁽²⁾		
Maksymalna sprawność falownika	98				98,3		%
Sprawność europejska (ważona)	97,7	97,6	97,7	97,7	98	98	%
Zużycie energii nocą	< 2,5				< 4		W
POZOSTAŁE FUNKCJE							
Obsługiwane interfejsy komunikacyjne ⁽³⁾	RS485, Ethernet, Zigbee (opcja), Wi-Fi (opcja), wbudowany GSM (opcja)						
Inteligentny system zarządzania energią	System ograniczenia eksportu, system zarządzania energią domową						
UKŁAD ZABEZPIEZAJĄCY DC (OPCJA)							
2-biegunowe rozłączenie	Niedostępny				1000V / 40A		
Ochrona przepięciowa	Niedostępny				Typ II, wymienny		
Bezpieczniki DC do DC+ i DC-	Niedostępny				Opcjonalnie, 20A		
Zgodność	Niedostępny				UTE-C15-712-1		
ZGODNOŚĆ Z NORMAMI							
Bezpieczeństwo	IEC-62103 (EN50178), IEC-62109, AS3100						
Przyłączenie do sieci ⁽⁴⁾	VDE-AR-N-4105, G59/3, AS-4777, EN 50438, CEI-021, VDE 0126-1-1, CEI-016 ⁽⁵⁾ , BDEW						
EMC	IEC61000-6-2, IEC61000-6-3, IEC61000-3-11, IEC61000-3-12						
RoHS	Tak						

SPECYFIKACJA MECHANICZNA			
Średnica dławika wyjściowego AC / Przekrój przewodu	15-21mm / Przewód jednodrutowy 2.5-16 mm ² , Przewód linkowy 2.5-10 mm ²	18-25mm / Przewód jednodrutowy 2.5-16 mm ² , Przewód linkowy 2.5-10 mm ²	
Wejście DC	2 pary MC4	3 pary MC4	
Wejście DC z układem zabezpieczającym DC	Niedostępny	Wymiar zewnętrzny dławika kablowego 5-10	mm
		Przekrój kabla 0,5 – 13,5	mm ²
Wymiary z układem zabezpieczającym DC (wys. x szer. x głęb.)	Niedostępny	775 x 315 x 260	mm
Masa	33,2	45	kg
Ciężar z układem zabezpieczającym DC	Niedostępny	48	kg
Zakres temperatury eksploatacji	-20 - +60 ⁽⁶⁾ (wersja M40 -40 - +60)		°C
Rodzaj chłodzenia	Wentylator (wymienny)		
Emisja hałasu	< 50	< 55	dBA
Stopień ochrony	IP65 – na wolnym powietrzu lub w budynkach		
Montaż do uchwytu (uchwyt w zestawie)			

Projektuje się 2 szt. falowników SolarEdge zgodnie z konfiguracją:

Falowniki i magazyny energii	Łańcuchy na falownik	Optymalizatory na łańcuch	Moduły PV na łańcuch
SolarEdge SE25K	1 x łańcuch	14 x P1100 (2:1)	28
	1 x łańcuch	14 x P1100 (2:1)	28
SolarEdge SE17K	1 x łańcuch	19 x S650B	19
	1 x łańcuch	19 x S650B	19

1.5. OPTIMALIZATORY MOCY

Zastosowanie optymalizatorów mocy w instalacji PV zapewnia optymalną produkcję energii elektrycznej przez każdy moduł solarny zapewniając oddzielny monitoring dla każdego modułu oraz redukcję każdego modułu w przypadku otwarcia łańcucha PV. W instalacji zastosowano 28 szt. optymalizatorów **SolarEdge P1100** charakteryzujących się następującymi parametrami:

Model optymalizatora (typowa kompatybilność modułowa)	P800p (równoległe połączenie 2 modułów 96 ogniw)	P850 (szeregowe połączenie 2 modułów 96 ogniw)	P950 (2 moduły wysokiej mocy lub bi-facial)	P1100 (2 moduły wysokiej mocy lub bi-facial)	
WEJŚCIE					
Nominalna moc wejściowa ⁽¹⁾	800	850	950	1100	W
Rodzaj połączenia	Podwójne wejście dla niezależnego połączenia	Pojedyncze wejście dla połączenia szeregowego modułów			
Maksymalne napięcie wejściowe (Voc najniższej temperaturze)	83	125			Vdc
Zakres napięcia MPPT	12,5 - 83	12,5 - 105			Vdc
Maksymalny prąd wejściowy na wejście (Isc)	7	14,1*		14,1	Adc
Maksymalna sprawność	99,5				%
Sprawność ważona	98,6				%
Kategoria przepięciowa	II				

WYJŚCIE W TRAKCIE PRACY (OPTIMALIZATOR MOCY JEST PODŁĄCZONY DO DZIAŁAJĄCEGO FALOWNIKA SOLAREDEGE)

Maksymalny prąd wyjściowy	18	Adc
Maksymalne napięcie wyjściowe	80	Vdc

WYJŚCIE W TRYBIE GOTOWOŚCI (OPTIMALIZATOR MOCY JEST ODŁĄCZONY OD FALOWNIKA SOLAREDEGE LUB FALOWNIK JEST WYŁĄCZONY)

Bezpieczne napięcie optymalizatora	1 ± 0,1	Vdc
------------------------------------	---------	-----

ZGODNOŚĆ Z NORMAMI

EMC	FCC Part 15 IEC61000-6-2, IEC61000-6-3 - Class B, EN 55011 - Class A	
Bezpieczeństwo	IEC62109-1 (klasa bezpieczeństwa II)	
RoHS	Tak	
Zabezpieczenie p. poż	VDE-AR-E 2100-712:2013-05	

SPECYFIKACJA INSTALACJI

Kompatybilność z falownikiem SolarEdge	Trójfazowy falownik SE16K lub większy ⁽²⁾			Trójfazowy falownik SE25K lub większy	
Maksymalne dopuszczalne napięcie systemu	1000				Vdc
Wymiary (sz x dł x w)	129 x 168 x 59 / 5,1 x 6,61 x 2,32	129 x 162 x 59 / 5,1 x 6,4 x 2,32			mm/in
Waga (wraz z przewodami)	1064 / 2,3				gr / lb
Złącze wejściowe	MC4 ⁽³⁾				
Długość przewodu wejściowego	0,16 / 0,52	0,16 / 0,52, 0,9 / 2,95, 1,3 / 4,26, 1,6 / 5,24 ⁽⁵⁾	0,16 / 0,52, 1,3 / 4,26, 1,6 / 5,24	0,16 / 0,52, 0,9 / 2,95, 1,3 / 4,26, 1,6 / 5,24 ⁽⁴⁾	m / ft
Złącze wyjściowe	MC4				
Długość przewodu wyjściowego	Orientacja pionowa: 1,2 / 3,9			Orientacja pozioma: 2,4	m / ft
	Orientacja pozioma: 1,8 / 5,9		Orientacja pozioma: 2,2 / 7,2		
Zakres temperatur pracy ⁽⁵⁾	od -40 do +85 / od -40 do +185				°C / °F
Stopień ochrony	IP68 / NEMA6P				
Wilgotność względna	0 - 100				%

* W przypadku modeli P850/P950 wyprodukowanych w tygodniu roboczym 06/2020 lub wcześniej, maksymalna wartość Isc na wejście wynosi 12,5A. Kod produkcji jest podany w numerze seryjnym Numer seryjny optymalizatora mocy Przykład: S/N SJ0620A-xxxxxxx (tydzień roboczy 06 w 2020 r.)

(1) Moc znamionowa modułu w STC nie może przekroczyć „znamionowej mocy wejściowej DC” optymalizatora. Dozwolone są tolerancje mocy do + 5%

(2) W celu zapewnienia zgodności z normą EN 55011 klasa A (tam, gdzie jest to wymagane), instalację należy wykonać z falownikiem o mocy 20kVA lub większej i spełnić wymagania zawarte w części instrukcji instalacji dotyczącej kompatybilności elektromagnetycznej (EMC)

(3) W przypadku innych typów złączy skontaktuj się z SolarEdge

(4) Dłuższe przewody wyjściowe są dostępne do stosowania z modułami puszek rozdzielczych. (Przy zamówieniu 0,9m P801/P950/P1100-xxxLxxx. Przy 1,3m zamówienie P850/P950/P1100-xxxLxxx. Od 1,6m dla zamówienia P850/P950/P1100-xxxYxxx)

(5) Dla temperatury otoczenia powyżej + 70°C / + 158°F następuje obniżenie mocy. Aby uzyskać więcej informacji, patrz Nota Aplikacyjna: Redukcja mocy pod wpływem temperatury

Projekt Systemu Fotowoltaicznego		230/400V Sieć SE25K*	230/400V Sieć SE27.6K*	230/400V Sieć SE30K*	230/400V Sieć SE33.3K*	277/480V Sieć SE33.3K*, SE40K*
Kompatybilny optymalizator		P800p, P850, P950, P1100	P800p, P850, P950, P1100	P800p, P850, P950, P1100	P800p, P850, P950, P1100	P800p, P850, P950, P1100
Minimalna długość łańcucha	Optymalizatorów mocy	14	14	15	14	14
	Modułów PV	27	27	29	27	27
Maksymalna długość łańcucha	Optymalizatorów mocy	30	30	30	30	30
	Modułów PV	60	60	60	60	60
Maksymalna moc ciągła na łańcuch		13500	13950	15300	13500	15300
Maksymalna dopuszczalna moc przyłączona na łańcuch ⁽⁹⁾		1 łańcuch - 15750	1 łańcuch - 16200	1 łańcuch - 17550	2 łańcuch lub mniej - 15750	2 łańcuch lub mniej - 17550
[Dozwolone tylko wtedy, gdy różnica w mocy między poszczególnymi łańcuchami wynosi 2 000 W lub mniej]		2 łańcuch lub więcej - 18500	2 łańcuch lub więcej - 18950	2 łańcuch lub więcej - 20300	3 łańcuch lub więcej - 18500	3 łańcuch lub więcej - 20300
Równoległe łańcuchy o różnych długościach i orientacji		Tak				

* Te same zasady dotyczą jednostek Synergii o równoważnej mocy znamionowej, które są częścią modułowego falownika w technologii Synergii

(6) P800p/P850/P950/P1100 można łączyć w jednym łańcuchu tylko z P650/P701/P730/P801

(7) W każdym łańcuchu optymalizator mocy może być podłączony do pojedynczego modułu PV, jeśli; a) każdy optymalizator mocy jest podłączony do pojedynczego modułu PV lub b) jest to jedyny optymalizator mocy podłączony do pojedynczego modułu PV w łańcuchu

(8) Dla SE25K i wyżej, minimalna moc STC DC powinna wynosić 11KW

(9) Aby podłączyć więcej mocy STC na łańcuch, zaprojektuj swój projekt używając SolarEdge Designer

oraz 38 szt. optymalizatorów **SolarEdge S650B** charakteryzujących się następującymi parametrami:

	S440	S500	S500B	S650B	JEDNOSTKA
WEJŚCIE					
Znamionowa moc wejściowa DC ⁽¹⁾	440	500		650	W
Absolutnie maksymalne napięcie wejściowe (Voc)	60		125	85	Vdc
Zakres roboczy MPPT	8 – 60		12,5 – 105	12,5 - 85	Vdc
Maksymalny prąd zwarcia (Isc)	14,5		15		Adc
Maksymalna wydajność			99,5		%
Ważona wydajność			98,6		%
Kategoria przepięciowa			II		
WYJŚCIE PODCZAS PRACY					
Maksymalny prąd wyjściowy			15		Adc
Maksymalne napięcie wyjściowe	60		80		Vdc
WYJŚCIE W TRYBIE GOTOWOŚCI (OPTYZALIZATOR MOCY JEST ODŁĄCZONY OD FALOWNIKA SOLAREEDGE LUB FALOWNIK JEST WYŁĄCZONY)					
Bezpieczne napięcie optymalizatora			1 ± 0,1		Vdc
ZGODNOŚĆ Z NORMAMI⁽²⁾					
Kompatybilność elektromagnetyczna	FCC Część 15 klasa B, IEC61000-6-2, IEC61000-6-3, CISPR11, EN-55011				
Bezpieczeństwo	IEC62109-1 (bezpieczeństwo klasy II), UL1741				
Tworzywo	UL94 V-0, odporny na działanie promieniowania UV				
RoHS	Tak				
Bezpieczeństwo przeciwpożarowe	VDE-AR-E 2100-712:2018-12				
ZGODNOŚĆ Z NORMAMI⁽²⁾					
Kompatybilność elektromagnetyczna	FCC Część 15 klasa B, IEC61000-6-2, IEC61000-6-3, CISPR11, EN-55011				
Bezpieczeństwo	IEC62109-1 (bezpieczeństwo klasy II), UL1741				
Tworzywo	UL94 V-0, odporny na działanie promieniowania UV				
RoHS	Tak				
Bezpieczeństwo przeciwpożarowe	VDE-AR-E 2100-712:2018-12				
SPECYFIKACJA MECHANICZNA					
Maksymalne dopuszczalne napięcie systemu			1000		Vdc
Wymiary (szer. x dł. x wys.)	129 x 155 x 30		129 x 165 x 45		mm
Waga	720		790		g
Złącze wejściowe	MC4 ⁽³⁾				
Długość przewodu wejściowego	0,1				m
Złącze wyjściowe	MC4				
Długość przewodu wyjściowego	(+) 2.3, (-) 0.10				m
Zakres temperatur pracy ⁽⁴⁾	Od -40 do +85				°C
Stopień ochrony	IP68				
Wilgotność względna	0 – 100				%

⁽¹⁾ Moc znamionowa modułu w STC nie może przekroczyć znamionowej mocy wejściowej DC optymalizatora mocy. Moduły z tolerancją mocy do +5% są dozwolone.

⁽²⁾ Szczegółowe informacje na temat zgodności z wymogami CE są zawarte w [deklaracji zgodności CE](#).

⁽³⁾ W przypadku innych rodzajów złączy prosimy o kontakt z SolarEdge.

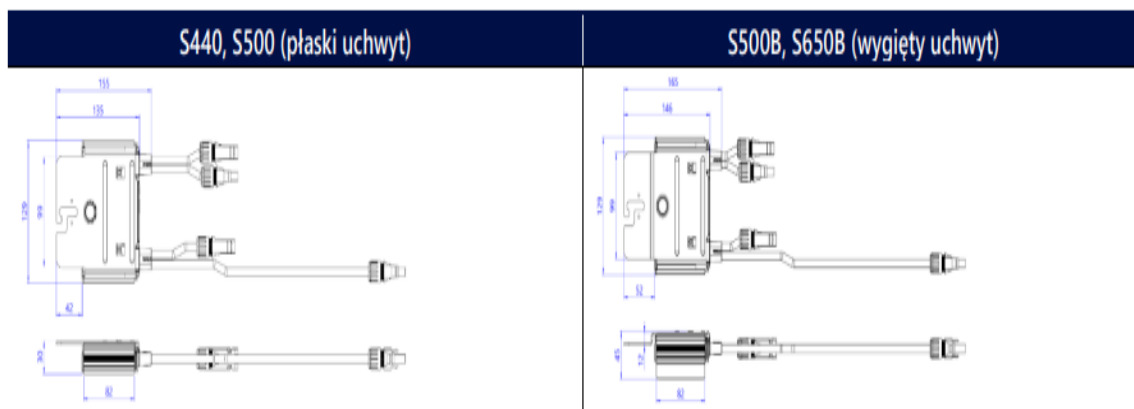
⁽⁴⁾ Dla temperatury otoczenia powyżej +70°C następuje obniżenie mocy. Aby uzyskać więcej informacji, zob. [Nota techniczna – Redukcja mocy optymalizatorów pod wpływem temperatury](#).

Projekt systemu fotowoltaicznego z zastosowaniem falownika SolarEdge ⁽⁵⁾		Falownik 1-faz SolarEdge Home Wave	Falownik 3-faz SolarEdge RWB	Trójfazowy dla sieci 230 / 400 V	Trójfazowy dla sieci 277 / 480 V	
Minimalna długość łańcucha (optymalizatory mocy)	S440, S500	8	9	16	18	
	S500B	6	8	14		
Maksymalna długość łańcucha (optymalizatory mocy)		25	20	50		
Maksymalna moc ciągła na łańcuchach		5700	5625	11 250	12 750	W
Maksymalna dozwolona podłączona moc na łańcuchach ⁽⁶⁾ (W projektach z wieloma łańcuchami maksymalna wartość jest dozwolona tylko wtedy, gdy różnica w podłączonej mocy między łańcuchami wynosi 2000 W lub mniej)		6800 ⁽⁷⁾	Zob. ⁽⁶⁾	13 500	15000	W
Równoległe łańcuchy o różnej długości lub orientacji		Tak				

(5) Niedozwolone jest mieszanie optymalizatorów mocy serii S i P w nowych instalacjach w tym samym łańcuchu.

(6) Jeśli znamionowa moc AC falownika \leq maksymalna moc ciągła na łańcuch, wówczas maksymalna podłączona moc na łańcuchach będzie mogła osiągnąć maksymalną wejściową moc DC falownika. Patrz nota aplikacyjna „Projektowanie jednego łańcucha”.

(7) W przypadku falowników o mocy znamionowej AC \geq 8000 W, które są podłączone do co najmniej dwóch łańcuchów.



1.6. KONFIGURACJA SYSTEMU FOTOWOLTAICZNEGO

Konfigurując system fotowoltaiczny, istotne jest obliczenie napięcia w skrajnych temperaturach oraz natężenia prądu stałego, jaki może się pojawić w obwodzie fotowoltaicznym, w skrajnym natężeniu promieniowania słonecznego. Może być ono wyższe, niż deklarowane w warunkach STC. Zakłada się, że moduł może osiągać temperaturę nawet 70°C podczas upalnego dnia i rozpoczynać swoją pracę przy -25°C w mroźne poranki. Bazą do obliczeń będą warunki STC, tj. natężenie promieniowania słonecznego równe 1000 W/m² i temperatura ogniów 25°C.

Instalacja PV zbudowana będzie zainstalowana z 66 modułów oraz 2 falowników. Na każdy jeden falownik wchodzi 2 łańcuchy połączone równoległe.

1.6.1. MOC INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ

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

$$P_{PV} = LM * P_{STC PV}$$

gdzie:

- P_{PV} – moc instalacji fotowoltaicznej (kWp)
- LM – liczba modułów fotowoltaicznych w instalacji (szt)
- $P_{STC PV}$ – moc jednostkowa modułu fotowoltaicznego (Wp)

$$P_{PV} = 94 * 0,530 = 49,82$$

Moc DC instalacji fotowoltaicznej wynosi 49,82 kWp. Z kolei moc AC instalacji fotowoltaicznej, równa mocy wyjściowej falowników, jest równa 50 kW.

1.6.2. ZMIANA NAPIĘCIA NA 1 STOPIEŃ CELSJUSZA

W celu poprawnego skonfigurowania systemu fotowoltaicznego w pierwszej kolejności należy określić zmianę napięcia na 1°C według wzoru:

$$\Delta V = \beta * V_{oc}$$

gdzie:

- ΔV – zmiana napięcia na 1°C (V/°C)
- β – współczynnik temperaturowy napięcia obwodu otwartego (%/°C)
- V_{oc} – napięcie obwodu otwartego (V)

$$\Delta V = - 0,23\% * 48,57 = - 0,1117$$

Zmiana napięcia na 1°C wynosi **- 0,1117 V/°C**. Posłuży ona do obliczenia napięć w skrajnych temperaturach.

1.6.3. NAPIĘCIE W SKRAJNYCH TEMPERATURACH PRACY DLA POSZCZEGÓLNYCH MODUŁÓW ORAZ NAPIĘCIE OBWODU OTWARTEGO

Napięcie obwodu otwartego w systemie LONGI jest równe sumie ilości modułów pomnożonej przez 1 V. Temperatura środowiskowa nie wpływa na wartość przedmiotowego napięcia. Projekt zakłada, iż najdłuższy łańcuch modułów PV będzie wynosił 28 szt. Tak więc napięcie obwodu otwartego nie będzie przekraczać 28 V.

1.6.4. NAPIĘCIE MODUŁU W PUNKCIE MOCY MAKSYMALNEJ W TEMPERATURZE -25°C

Napięcie w punkcie mocy maksymalnej modułu w temperaturze -25°C, obliczono według równania:

$$V_{MPP-25} = V_{MPP} + (\Delta V * \Delta T_1)$$

gdzie:

- V_{MPP-25} – napięcie pracy modułu o temperaturze -25°C (V)
- V_{MPP} – napięcie modułu w punkcie mocy maksymalnej, w warunkach STC (V)
- ΔV – zmiana napięcia na 1°C (V/°C)
- ΔT_1 – różnica temperatur pomiędzy warunkami STC, a warunkami obliczeniowymi (50°C)

$$V_{MPP-25} = 40,22 + (- 0,1117 * - 50) = 45,81$$

Obliczone napięcie modułu wchodzącego na 1 optymalizator równe **45,81 V**. Napięcie robocze, osiągnięte w temperaturze -25°C znajduje się w zakresie napięciowym układu optymalizatora mocy, gwarantując tym samym wysoką sprawność pracy całego systemu.

1.6.5. NAPIĘCIE W PUNKCIE MOCY MAKSYMALNEJ W TEMPERATURZE +70°C

Napięcie w punkcie mocy maksymalnej modułu w temperaturze 70°C, obliczono według równania:

$$V_{MPP+70} = V_{MPP} + (\Delta V * \Delta T_2)$$

gdzie:

- V_{MPP+70} – napięcie pracy modułu o temperaturze +70°C (V)

- V_{MPP} – napięcie modułu w punkcie mocy maksymalnej, w warunkach STC (V)
- ΔV – zmiana napięcia na 1°C ($\text{V}/^{\circ}\text{C}$)
- ΔT_2 – różnica temperatur pomiędzy warunkami STC, a warunkami obliczeniowymi (45°C)

$$V_{MPP} + 70 = 40,22 + (-0,1117 * 45) = 45,25$$

Obliczone napięcie modułu wchodzącego na 1 optymalizator równe **45,25 V**. Napięcie robocze, osiągane w temperaturze -25°C znajduje się w zakresie napięciowym układu optymalizatora mocy, gwarantując tym samym wysoką sprawność pracy całego systemu.

1.7. PRZEWODY FOTOWOLTAICZNE

Przewody fotowoltaiczne, to przewody przeznaczone do pracy z prądem stałym DC. Ich zadaniem jest odprowadzenie energii elektrycznej wytworzonej w modułach fotowoltaicznych do inwertera. Z kolei kabel AC odpowiada za odprowadzenie energii elektrycznej z inwertera do instalacji elektrycznej obiektu i sieci elektroenergetycznej. Zakłada się, że strata mocy w przewodzie DC i przewodach kabla AC w systemie fotowoltaicznym powinna być mniejsza niż 1% i z tego względu należy dobrać odpowiedni przekrój żyły przewodu lub żył w kablach.

1.7.1. PRZEKRÓJ PRZEWODÓW DC

Przekrój przewodów DC obliczono zgodnie z równaniem:

$$A_{DC} = \frac{P_{PV} * L_{DC}}{U^2 * k * 1\%}$$

gdzie:

- A_{DC} – przekrój przewodów DC (mm^2)
- P_{PV} – moc łańcucha modułów fotowoltaicznych w warunkach STC (kWp)
- L_{DC} – sumaryczna długość przewodu DC łańcucha "+" oraz "-" (m)
- U – napięcie w punkcie mocy maksymalnej w łańcuchu fotowoltaicznym w warunkach STC (V)
- k – przewodność właściwa ($54\text{m}/\Omega * \text{mm}^2$ dla miedzi)

1. dla instalacji **PV** podłączonej do inwertera SE25K: $A_{DC} = \frac{14840 * 32}{750^2 * 54 * 1\%} = 3,13$

Dobry przewód fotowoltaiczny powinien mieć przekrój minimum **3,12 mm^2** . Dla instalacji dobrano przewód o przekroju **6 mm^2** .

2. dla instalacji **PV** podłączonej do inwertera SE17K: $A_{DC} = \frac{10070 * 22}{750^2 * 54 * 1\%} = 2,58$

Dobry przewód fotowoltaiczny powinien mieć przekrój minimum **1,29 mm^2** . Dla instalacji dobrano przewód o przekroju **4 mm^2** .

1.7.2. PRZEKRÓJ ŻYŁY W KABLU AC

Przekrój żyły w kablu AC, dla instalacji elektrycznej trójfazowej, obliczono według wzoru:

$$A_{AC} = \frac{P_{AC} * L_{AC}}{U_{mf}^2 * k * 1\%}$$

gdzie:

- A_{AC} – przekrój przewodów AC (mm^2)
- P_{AC} – moc znamionowa falownika po stronie AC (kW)
- L_{AC} – długość kabla AC pomiędzy inwerterem, a miejscem wpięcia inwertera (m)
- U_{mf} – napięcie międzyfazowe ($U_{mf} = 400\text{ V}$)
- k – przewodność właściwa ($54\text{m}/\Omega * \text{mm}^2$ dla miedzi, $32\text{m}/\Omega * \text{mm}^2$ dla aluminium)

1. dla instalacji **PV** podłączonej od **TPV AC** do inwertera SE25K (od TPV AC):

$$A_{AC} = \frac{25000 \cdot 30}{400^2 \cdot 54 \cdot 1\%} = 8,68$$

Przewody kabla powinny mieć przekrój minimum **8,68 mm²**. Dla instalacji dobrano przewód o przekroju **16 mm²**.

2. dla instalacji **PV** podłączonej od **TPV AC** do inwertera SE17K:

$$A_{AC} = \frac{17000 \cdot 30}{400^2 \cdot 54 \cdot 1\%} = 5,9$$

Przewody kabla powinny mieć przekrój minimum **5,9 mm²**. Dla instalacji dobrano przewód o przekroju **10 mm²**.

3. dla instalacji **PV** podłączonej od **TPV AC** do **RG**:

$$A_{AC} = \frac{42000 \cdot 100}{400^2 \cdot 32 \cdot 1\%} = 82,1$$

Przewody kabla powinny mieć przekrój minimum **82,1 mm²**. Dla instalacji dobrano przewód o przekroju **95 mm²**.

1.8. ZABEZPIECZENIA INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ

W projektowanej instalacji przewidziano zastosowanie ograniczników przepięć DC i zabezpieczeń przetężeniowych DC obwodów modułów fotowoltaicznych. Po stronie AC z kolei planowane jest zastosowanie ograniczników przepięć AC oraz zabezpieczenia przetężeniowego. W projektowanej instalacji, w celu zabezpieczenia instalacji fotowoltaicznej zastosowano odpowiednio skonfigurowaną skrzynkę przyłączeniową.

Skrzynka przyłączeniowa DC i AC z ogranicznikiem przepięć 1000 V typu 1+2, 4 x łańcuch PV, 4 x MPPT, zabezp. przetężeniowe strony DC 8x20 A, zabezp. główne strony AC – C 100 A 3-F, zbudowana została w oparciu o obudowę instalacyjną wykonaną z tworzywa sztucznego o stopniu ochrony (klasie szczelności) co najmniej IP65.

1.8.1. INSTALACJA ODGROMOWA, OGRANICZNIK PRZEPIĘĆ, UZIEMIENIE I POŁĄCZENIE WYRÓWNAWCZE

1. OCHRONA PRZECIWPZEPIĘCIOWA

Wewnętrzna instalacja odgromowa – ograniczniki przepięć – przeznaczona jest do ochrony instalacji fotowoltaicznej przed przejściowymi przepięciami wywołanymi na zewnątrz instalacji fotowoltaicznej np. indukowanym napięciem poprzez uderzenie pioruna w linię elektroenergetyczną, bądź w jej obrębie lub przepięciami wewnętrznymi, powstającymi podczas załączania czy wyłączenia nieobciążonej linii elektroenergetycznej. Zjawisko przejściowego przepięcia może spowodować uszkodzenie elementów instalacji fotowoltaicznej.

Projektowane ograniczniki przepięć DC dobrane zostaną w taki sposób, aby napięcie obwodu otwartego nie przekraczało maksymalnego napięcia wejściowego na falownik:

$$V_{MPP} \leq V_{DC \text{ MAX}} \leq V_{SPD}$$

gdzie:

- V_{MPP} – maksymalne napięcie łańcucha w warunkach STC (V) (system LONGI 750 V)
- V_{SPD} – napięcie znamionowe ogranicznika przepięć (V)
- $V_{DC \text{ MAX}}$ – maksymalne napięcie wejściowe na falownik (V)

$$750 \leq 1000 \leq 1000$$

Zgodnie z powyższą zależnością, dla projektowanej instalacji dobrano ogranicznik przepięć o napięciu znamionowym pracy **1000 V**.

2. UZIEMIENIE I POŁĄCZENIE WYRÓWNAWCZE

Uziemienie i połączenie wyrównawcze modułów oraz inwertera pełni funkcję przeciwporażeniową, przeciwprzepięciową i odgromową. Oznacza to, że chroni to moduły fotowoltaiczne w sytuacjach uszkodzenia modułu czy w trakcie wyładowań atmosferycznych nieopodal instalacji.

W projektowanej instalacji fotowoltaicznej przewiduje się zastosowanie przewodu, służącego do wyrównania potencjałów, o przekroju minimum 10 mm². Przewód ten połączy moduły fotowoltaiczne i elementy konstrukcji montażowej z główną szyną wyrównawczą.

Konstrukcję nośną instalacji fotowoltaicznej należy prawidłowo uziemić za pomocą płaskownika ocynkowanego FeZn 30x4 mm ułożonego wraz z kablem zasilającym.

1.8.2. ZABEZPIECZENIE PRZED PRZETĘŻENIAMI

Wyłączniki nadmiarowo-prądowe, bezpieczniki topikowe i inne zabezpieczenia posiadające człon zwarciový służą do ochrony przed przeciążeniami elektrycznymi. Sytuacja taka następuje w momencie, gdy przez dany element elektryczny przepływa prąd większy niż znamionowy, np. w wyniku podłączenia zbyt dużej liczby odbiorników lub podłączenia odbiornika o zbyt dużej mocy. Zjawisko to powoduje wydzielanie się ciepła, a jeśli jest długotrwałe, może być niebezpieczne – wywołać zwarcie, a w konsekwencji pożar. Wartość wydzielanego ciepła jest proporcjonalna do oporu przewodnika, kwadratu przepływającego prądu i czasu występowania przeciążenia. Ponadto wyłączniki pozwalają na rozłączenie całej instalacji fotowoltaicznej w analogiczny sposób, jak inne odbiorniki.

Jeśli przewidziano zastosowanie zabezpieczenia nadmiarowo-prądowe (wyłącznik albo bezpieczniki topikowe w rozłączniku):

1. WKŁADKI TOPIKOWE gPV W ROZŁĄCZNIKU BEZPIECZNIKOWYM

Ze względu na 2 łańcuchy spięte równolegle na 1 układ MPPT, z których sumaryczny prąd przekracza dopuszczalny prąd mogący płynąć przez moduł, przewidziano zastosowanie zabezpieczeń nadmiarowo-prądowych na każdy z łańcuchów zagrożonych przepływem zbyt dużego prądu zwrotnego po stronie DC. Znamionowe natężenie prądu zabezpieczenia powinno spełniać warunek:

$$140\% * I_{sc} \leq I_N \leq I_{REV. MAX. PV}$$

gdzie:

- I_{sc} – prąd zwarciový modułu (A)
- I_N – znamionowe natężenie prądu bezpiecznika (A)
- $I_{REV. MAX. PV}$ – dopuszczalny maksymalny prąd wsteczny przepływający przez moduł (A)

$$19,6 \text{ A} \leq 20 \leq 25\text{A}$$

Zgodnie z powyższymi obliczeniami każdy łańcuch połączony równolegle zabezpieczony zostanie wkładką topikową o charakterystyce gPV w rozłączniku bezpiecznikowym o prądzie znamionowym **20 A**.

2. WYŁĄCZNIKI NADMIAROWO – PRĄDOWE AC

Stronę AC należy zabezpieczyć przed zwarciami od strony sieci lub przeciążeniem wyłącznikiem nadprądowym o charakterystyce C. W celu dobrania odpowiedniego zabezpieczenia nadmiarowoprądowego, według normy PN-HD 60364-4-43:2012, należy obliczyć prąd znamionowy zabezpieczenia, mając przy tym na uwadze długotrwałą obciążalność prądową przewodu, aby urządzenie zabezpieczające zadziałało przed nadmiernym wzrostem temperatury żył kabla.

- DOBÓR ZABEZPIECZENIA GŁÓWNEGO INSTALACJI PV ZAINSTALOWANEGO W ROZDZIELNICY GŁÓWNEJ AC INSTALACJI PV

Obliczeniowy prąd obciążenia długotrwałego przedmiarowej instalacji PV wynosi:

$$I_B = \frac{S_{n-PV}}{\sqrt{3}U_n}$$

gdzie:

- I_B – obliczeniowy prąd obciążenia długotrwałego [A]
- $S_n - S_{n-PV}$ – znamionowa moc pozorna instalacji PV [VA]
- U_B – znamionowe napięcie fazowe [V]

1. dla instalacji PV podłączonej od TPV AC do inwertera SE25K:

$$I_B = \frac{29680}{\sqrt{3} * 400} = 42,89$$

Na podstawie obliczonego prądu obciążenia I_B , należy dobrać zabezpieczenie przewodu o prądzie znamionowym I_N , którego wartość ze względu na wahania napięcia zasilającego powinna spełniać następujący warunek:

$$I_N \geq 1,25 * I_B$$

$$I_N \geq 1,25 * 42,89 = 53,61$$

Dobrano zabezpieczenie nadmiarowo prądowe **C63**.

Dla wyliczonego prądu obliczeniowego dobrano przewód YKY 4x16mm², którego obciążalność odczytana z normy PN-HD 60364-5-523 wynosi 64 A dla sposobu ułożenia D1 (3 żyły obciążone ułożone w osłonie w gruncie).

Sprawdzenie doboru przewodu i koordynacji pomiędzy zabezpieczeniami, a przewodem / kablem:

WARUNEK 1:

$$I_B \leq I_{n C63} \leq I_{z YKY 4x16}$$

gdzie:

- $I_{n C63}$ – prąd znamionowy dobranego urządzenia zabezpieczającego [A]
- $I_{z YKY 4x16}$ – obciążalność długotrwała przewodu YKY 4x16mm² w [A]

$$53,61 \text{ A} < 63 \text{ A} < 64 \text{ A}$$

Warunek spełniony.

WARUNEK 2:

$$I_{2-C63} \leq 1,45 * I_{z YKY 4x16}$$

gdzie:

- I_{2-C63} – prąd zadziałania urządzenia zabezpieczającego w [A]

$$1,45 * 63 \text{ A} < 1,45 * 64 \text{ A}$$

$$91,4 \text{ A} < 92,8 \text{ A}$$

Warunek spełniony.

Zabezpieczenie i kabel / przewód zostały dobrane prawidłowo.

2. dla instalacji **PV** podłączonej od **TPV AC** do inwertera SE25K:

$$I_B = \frac{20140}{\sqrt{3} * 400} = 29,1$$

Na podstawie obliczonego prądu obciążenia I_B , należy dobrać zabezpieczenie przewodu o prądzie znamionowym I_N , którego wartość ze względu na wahania napięcia zasilającego powinna spełniać następujący warunek:

$$I_N \geq 1,25 * I_B$$

$$I_N \geq 1,25 * 29,1 = 36,38$$

Dobrano zabezpieczenie nadmiarowo prądowe **C40**.

Dla wyliczonego prądu obliczeniowego dobrano przewód YKY 4x10mm², którego obciążalność odczytana z normy PN-HD 60364-5-523 wynosi 50 A dla sposobu ułożenia D1 (3 żyły obciążone ułożone w osłonie w gruncie).

Sprawdzenie doboru przewodu i koordynacji pomiędzy zabezpieczeniami, a przewodem / kablem:

WARUNEK 1:

$$I_B \leq I_{n C40} \leq I_{z YKY 4x10}$$

gdzie:

- $I_{n C40}$ – prąd znamionowy dobranego urządzenia zabezpieczającego [A]
- $I_{z YKY 4x10}$ – obciążalność długotrwała przewodu YKY 4x10mm²w [A]

$$53,61 \text{ A} < 63 \text{ A} < 80 \text{ A}$$

Warunek spełniony.

WARUNEK 2:

$$I_{2 - C40} \leq 1,45 * I_{z YKY 4x10}$$

gdzie:

- $I_{2 - C40}$ – prąd zadziałania urządzenia zabezpieczającego w [A]

$$1,45 * 40 \text{ A} < 1,45 * 50 \text{ A}$$

$$58 \text{ A} < 72,5 \text{ A}$$

Warunek spełniony.

Zabezpieczenie i kabel / przewód zostały dobrane prawidłowo.

3. dla instalacji **PV** podłączonej od **TPV AC** do **RG**:

$$I_B = \frac{49820}{\sqrt{3} * 400} = 71,99$$

Na podstawie obliczonego prądu obciążenia I_B , należy dobrać zabezpieczenie przewodu o prądzie znamionowym I_N , którego wartość ze względu na wahania napięcia zasilającego powinna spełniać następujący warunek:

$$I_N \geq 1,25 * I_B$$

$$I_N \geq 1,25 * 71,99 = 89,99$$

Dobrano zabezpieczenie nadmiarowo prądowe **C100**.

Dla wyliczonego prądu obliczeniowego dobrano przewód YAKY 4x95mm², którego obciążalność odczytana z normy PN-HD 60364-5-523 wynosi 138 A dla sposobu ułożenia D1 (3 żyły obciążone ułożone w osłonie w gruncie).

Sprawdzenie doboru przewodu i koordynacji pomiędzy zabezpieczeniami, a przewodem / kablem:

WARUNEK 1:

$$I_B \leq I_{n C100} \leq I_z \text{ YAKY } 4x95$$

gdzie:

- $I_{n C40}$ – prąd znamionowy dobranego urządzenia zabezpieczającego [A]
- $I_z \text{ YKY } 4x10$ – obciążalność długotrwała przewodu YKY 4x10mm²w [A]

$$53,61 \text{ A} < 100 \text{ A} < 138 \text{ A}$$

Warunek spełniony.

WARUNEK 2:

$$I_{2 - C100} \leq 1,45 * I_z \text{ YAKY } 4x95$$

gdzie:

- $I_{2 - C100}$ – prąd zadziałania urządzenia zabezpieczającego w [A]

$$1,45 * 100 \text{ A} < 1,45 * 138 \text{ A}$$

$$145 \text{ A} < 200,1 \text{ A}$$

Warunek spełniony.

Zabezpieczenie i kabel / przewód zostały dobrane prawidłowo.

1.8.3. INNE ZABEZPIECZENIA

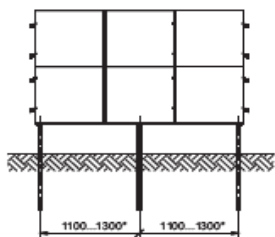
Inwerter zastosowany w instalacji fotowoltaicznej wyposażony jest w urządzenia monitorujące parametry energii elektrycznej. W przypadku odchylenia monitorowanych parametrów częstotliwości i napięcia od parametrów granicznych normy PN-EN:50549, fotowoltaiczne źródło wytwórcze jest natychmiast odłączone od sieci elektroenergetycznej. System fotowoltaiczny pozostaje odłączony do momentu powrotu parametrów do ustawionych limitów. Wykonanie wszystkich rozwiązań zabezpieczających instalację jest zgodne z obowiązującym prawem i odpowiednimi normami, w tym z polską normą PN-HD 60364-4-41:2017-09 „Instalacje elektryczne niskiego napięcia -- Część 4-41: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa -- Ochrona przed porażeniem elektrycznym”.

1.9. KONSTRUKCJA MONTAŻOWA INSTALACJI PV

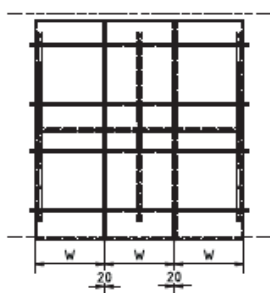
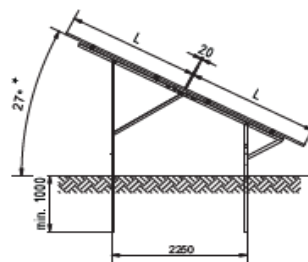
Przedmiotowa instalacja PV zainstalowana zostanie na dedykowanej konstrukcji gruntowej dwupodporowej (dwa moduły pionowo) firmy K-500 wykorzystywanej do mocowania modułów fotowoltaicznych w orientacji pionowej - konstrukcja K502 XL + PION w układzie:

- 4 stoły - 2x10
- 1 stół - 2x7

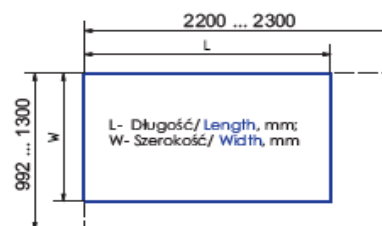
o specyfikacji:



* Zależy od szerokości modułów/
Depending on the PV modules width



WYMIARY MODUŁÓW/ MODULES DIMENSIONS



PARAMETRY KONSTRUKCYJNE/ PARAMETERS

Układ modułów / Modules layout	Pionowy/ Portrait
Ilość rzędów/ Per row	2
Liczba modułów PV/ PV modules qty.	max. 20
Kąt / Angl	27°
Głębokość palowania/ Foundation depth	min 1000 mm
Materiał / Material	Wysokiej jakości stal konstrukcyjna ze specjalną powłoką antykorozyjną Magnelis/ High-quality structural steel with increased durability Magnelis



Konstrukcja wykonana jest z wysokiej jakości stali konstrukcyjnej z antykorozyjną powłoką Magnelis. Całość stanowi autonomiczny, nierozierwalny element konstrukcyjny, stanowiący podstawę do obciążenia całego systemu. Do tak przygotowanej konstrukcji przewiduje się zamontowanie paneli fotowoltaicznych i obciążenie. Konstrukcja montażowa jest odporna na czynniki atmosferyczne takie jak: deszcz, słońce, śnieg. Rozłożenie modułów należy rozplanować w taki sposób, aby zminimalizować lub wykluczyć pojawienie się cienia na modułach. Należy mieć na uwadze, że nawet cień rzucany przez drzewa czy budynki może ograniczyć uzyski generowane przez moduły. Montując system latem, należy mieć świadomość, że cień rzucany przez drzewa i sąsiadujące budynki, zimą będzie sięgał zdecydowanie dalej.

Rozstaw pomiędzy kolejnymi profilami montażowymi musi być zgodny z wytycznymi producenta wykorzystanych modułów fotowoltaicznych.

Całkowita odpowiedzialność za prawidłowy montaż spoczywa na instalatorze, który powinien wybrać odpowiedni rodzaj konstrukcji.

Konstrukcje montażowe wykonywane pod moduły PV powinny spełniać poniższe normy:

- PN-EN 1993-1-1 „Projektowanie konstrukcji stalowych.” Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków.
- PN-EN 1991-1-3 „Oddziaływania na konstrukcje.” Część 1-3: Oddziaływania ogólne. Obciążenie śniegiem.
- PN-EN 1991-1-4 „Oddziaływania na konstrukcje.” Część 1-4: Oddziaływania ogólne. Oddziaływania wiatru.

- PN-EN 1991-1-1 „Oddziaływania na konstrukcje.” Część 1-1: Oddziaływania ogólne. Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach.

1.10. OCHRONA PRZECIWOŻAROWA

Instalacja fotowoltaiczna, podobnie jak inne urządzenia elektryczne, może ulec zapaleniu. Najczęstszymi przyczynami pożaru tych systemów są wylądowania atmosferyczne, zwarcia wewnętrzne, niewłaściwie dobrane zabezpieczenia i oprowadowanie lub ich brak, bądź słabe jakościowo komponenty instalacji. Jednak pożary częściej wybuchają z innych przyczyn, niezależnych od instalacji fotowoltaicznej.

Podstawowym krokiem przy gaszeniu pożaru przez strażaków jest odłączenie głównego zasilania. Pozwala to na rozpoczęcie akcji gaśniczej bez ryzyka porażenia strażaków czy ofiar pożaru od strony sieci elektroenergetycznej. Istotne jest także odłączenie wszystkich alternatywnych źródeł zasilania – oprócz modułów fotowoltaicznych mogą to być także przykładowo agregaty prądotwórcze. Należy jednak pamiętać, że wyłączenie zasilania głównego strony AC, nie eliminuje ryzyka porażenia prądem przez stronę DC. Moduły fotowoltaiczne, na które pada promieniowanie słoneczne, w dalszym ciągu mogą generować niebezpieczne wartości napięcia na zaciskach łańcuchów, pomimo że falownik jest wyłączony. Z tego względu instalacja elektryczna powinna być ciągle traktowana, jak gdyby była pod napięciem i strażacy powinni zachować odpowiednie procedury gaszenia urządzeń elektrycznych, tj. korzystać z odpowiednich środków gaśniczych służących do gaszenia urządzeń elektrycznych pod napięciem, mieć na uwadze ryzyko porażenia prądem gaszącego od konstrukcji. Moduły fotowoltaiczne nie są łatwopalne i nie wpływają na rozprzestrzenianie się ognia – ich gaszenie powinno odbywać się jedynie w momencie pożaru okoliczności.

Bezwzględnie należy unikać ryzyka porażenia prądem, między innymi przez unikanie kontaktu z częściami przewodzącymi instalacji elektrycznej i modułów, konstrukcji fotowoltaicznej, mogącymi znajdować się pod napięciem.

1.10.1. ZASTOSOWANE ROZWAŻANIA W CELU OGRANICZENIA RYZYKA WYSTĄPIENIA POŻARU

1. WYMOGI W ZAKRESIE STOSOWANYCH PRZEWODÓW I KABLI

Do prowadzenia tras kablowych strony DC zastosowano kable w podwójnej izolacji, przy czym zewnętrzna izolacja jest odporna na promieniowanie UV. Przewód jest zgodny z normą wyrobu dla przewodów. Żyłka kabla jest w postaci wielodrutowej. Kabel zastosowany do wykonania obwodów strony DC spełnia wymogi normy EN 50618. Izolacja kabla jest nie niższa niż VDC U0 /U: 1000/1500 V.

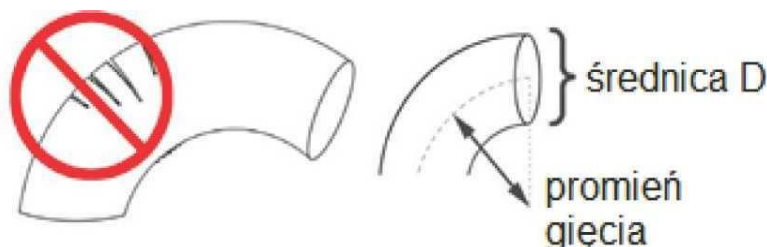
2. WYMOGI W ZAKRESIE SPOSOBU PROWADZENIA OKABLOWANIA STRONY AC ORAZ STRONY DC

Okablowanie strony DC pod modułami poprowadzono bez dodatkowych osłon przy jednoczesnym jego mocowaniu do ramki modułu lub elementów konstrukcji wsporczej. Do mocowania przewodów wykorzystano opaski kablowe wykonane ze stali nierdzewnej lub tworzywa sztucznego, przy czym przy zastosowaniu opasek kablowych z tworzywa sztucznego jest one wykonane z materiału odpornego na UV. W przypadku opasek kablowych z tworzywa sztucznego zastosowano dwie opaski na jedno mocowanie.

Należy unikać gięcia przewodów i kabli pod małymi promieniami. Zastosowano minimalne promienie gięcia stosowanego kabla lub przewodu zgodnie z wymogami producenta, a w przypadku ich braku zastosowano dopuszczalne promienie gięcia zgodnie z niemiecką normą VDE 0100-520 – zgodnie z tabelą:

średnica zewnętrzna przewodu D [mm]	dopuszczalne promienie gięcia przy...	
	przewodach sztywnych	przewodach elastycznych
< 9	4 x D	3 x D
8 < D < 12	5 x D	3 x D
D > 12	6 x D	4 x D

Tabela 1. Maksymalne odległości mocowania zgodne z VDE 0100-520.



Rys. 1. Rysunek do tabeli 1.

Przy prowadzeniu tras kablowych uwzględniono oddziaływanie wiatru i śniegu. Dopuszczono niechronione przestrzenie trasy kablowej maksymalnie 1 m wokół falownika, która powinna być odpowiednio oznaczona w dokumentacji dla służb ratowniczych.

3. SPOSOBY OCHRONY KABLI I PRZEWODÓW PRZED USZKODZENIEM

Nie stosować karbowanej rury osłonowej przy prowadzeniu tras kablowych bezpośrednio pod modułami. Trasę kablową należy przymocować do konstrukcji w sposób trwały z uwzględnieniem oddziaływania na nią wiatru oraz śniegu.

Przy falowniku 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.

4. SPOSÓB I MIEJSCE MONTAŻU MODUŁÓW PV I FALOWNIKA

Falownik fotowoltaiczny ma być montowany na podłożu niepalnym o klasie reakcji na ogień nie gorszej niż A2. W przypadku kilku alternatywnych lokalizacji modułów PV w pierwszej kolejności wybór miejsca montażu, w którym moduły PV nie są w bezpośrednim sąsiedztwie materiałów palnych. Jeżeli taka lokalizacja nie jest możliwa, muszą być zastosowane dodatkowe środki ochrony.

UWAGA:

Celem zapewnienia monitorowania stanu falowników należy od głównego punktu dystrybucji GPD do każdego falownika doprowadzić kabel UTP Cat.5 ziemny żelowany.

5. SPOSÓB WYKONANIA POŁĄCZEŃ PO STRONIE DC – WYMOGI W ZAKRESIE STOSOWANIA SZYBKOZŁĄCZY ORAZ MOMENTY DOKRĘCENIA APARATÓW

Połączenia za pomocą szybkozłączy można wykonać wyłącznie przy użyciu komponentów tego samego typu oraz producenta, co jest jednym z kluczowych elementów ograniczenia ryzyka powstania pożaru w instalacji PV. Należy dążyć do ograniczenia liczby połączeń przewodów DC w instalacji. Połączenia przewodów w rozdzielnicach strony AC oraz DC wykonać za pomocą listew zaciskowych oraz rozgałęźników równoległych. Należy unikać wykonywania połączeń wielu przewodów w pojedynczych gniazdach aparatów. Stosować

momenty dokręcenia połączeń śrubowych aparatów. Każdy wykonany moment dokręcenia skontrolować wkrętakiem dynamometrycznym. Połączenia DC wykonać wyłącznie z dedykowanymi do tego celu narzędziami, zapewniającymi odpowiednią, długotrwałą wytrzymałość połączenia.

6. WYMOGI W ZAKRESIE INSTALACJI ODGROMOWEJ I PRZEPIĘCIOWEJ

Połączenia wyrównawcze ochronne mają być wykonane przewodem o przekroju poprzecznym minimum 10 mm² Cu lub równoważnym w przypadku zastosowania innego materiału niż Cu. Połączenia wyrównawcze funkcjonalne mają być wykonane przewodem o przekroju poprzecznym minimum 6 mm² Cu lub równoważnym w przypadku zastosowania innego materiału niż Cu.

1.10.2. AKTYWNE ROZWIĄZANIA TECHNICZNE W CELU OGRANICZENIA RYZYKA WYSTĄPIENIA POŻARU

1. MONITOROWANIE STANU IZOLACJI PRZEWODÓW PO STRONIE DC

Właściwy stan izolacji kabli strony DC stanowi ważny element bezpiecznej pracy instalacji PV. W związku z powyższym musi on być monitorowany. Funkcję tą najczęściej pełni układ RCMU w falowniku. Procedura testu odbywa się przed uruchomieniem falownika oraz w trakcie jego pracy, a wykrycie parametrów pracy niezgodnych z założeniem skutkuje wyłączeniem falownika. Projektowane falowniki posiadają przedmiotową funkcjonalność.

1.11. OCHRONA PRZECIWPORAŻENIOWA

Podstawą ochrony przeciwporażeńiowej jest izolowanie części znajdujących się pod napięciem oraz ochrona w przypadku uszkodzenia izolacji. W instalacjach elektrycznych zastosowano układy z odrębnym przewodem ochronnym PE i neutralnym N (układ TN-S). Zastosowano także uziemione połączenia wyrównawcze pomiędzy elementami przewodzącymi instalacji elektrycznej.

1.12. PLANOWANY PRZEBIEG PRAC MONTAŻOWYCH

- Montaż konstrukcji nośnej
- Montaż paneli fotowoltaicznych
- Uziemienie systemu fotowoltaicznego
- Montaż falownika i zabezpieczeń strony DC i AC
- Połączenie modułów z falownikiem
- Podłączenie instalacji do licznika energii elektrycznej
- Sprawdzenie pracy układu
- Wykonanie pomiarów na instalacji

1.13. UWAGI KOŃCOWE

1. Roboty wykonać zgodnie z obowiązującymi przepisami i normami, pod kierunkiem osoby posiadającej kwalifikacje oraz uprawnienia budowlane i uprawnienia SEP.
2. Całość robót wykonać zgodnie z obowiązującymi „Warunkami technicznymi wykonania i odbioru robót budowlano-montażowych” – część V – „Instalacje elektryczne”.
3. Instalacje wykonać w ścisłej koordynacji z wystrojem wewnątrz i robotami budowlanymi.
4. Przed przekazaniem robót do eksploatacji wykonać pomiary elektryczne przyrządami posiadającymi legalizację i homologację:
 - sprawdzenia warunku samoczynnego odłączenia

- rezystancji izolacji przewodów oraz rezystancji uziemień
 - ciągłości przewodu PE
 - oporności uziemień
 - pomiar i badania dla tablicy bezpiecznikowej
5. Przy układaniu kabla stosować się do zaleceń normy N SEP-E-004.

Autor:
mgr inż. Roman Pawlicki
upr. nr ZAP/0196/PWBE/17

**Informacja dotycząca bezpieczeństwa i ochrony zdrowia
zgodna z Dz. U. Nr 120/2003 poz. 1126
podczas wykonywania prac z branży elektrycznej**

**Nazwa i adres
obiektu budowlanego:** INSTALACJA FOTOWOLTAICZNA
O MOCY 49,82 KWP

UL. KOŁŁĄTAJA 5
78-100 KOŁOBRZEG

Nazwa i adres Inwestora: WSPÓLNOTA LWOWSKA 2
UL. LWOWSKA 2
78-100 KOŁOBRZEG

Imię i nazwisko projektanta: mgr inż. Roman Pawlicki

Część opisowa

1. Zakres robót dla całego zamierzenia budowlanego oraz kolejność realizacji:
 - montaż instalacji fotowoltaicznej wraz z konstrukcją mocującą,
 - linie kablowe prądu stałego DC i zmiennego AC,
 - rozdzielnie prądu stałego i zmiennego,
 - montaż tablic rozdzielczych w budynku
 - pomiary elektryczne
2. Wskazanie elementów i zadań, które mogą stwarzać zagrożenie bezpieczeństwa i zdrowia ludzi:
 - instalacje elektryczne
 - rozdzielnie elektryczne DC i AC,
 - urządzenia przekształtnikowe
 - wykonywanie pomiarów
3. Wskazanie dotyczące przewidywanych zagrożeń występujących podczas realizacji robót budowlanych, określających skalę i rodzaje zagrożeń oraz miejsce i czas wystąpienia:
 - praca na wysokości podczas wykonywania instalacji
 - praca w pobliżu czynnych linii energetycznych 0,4 kV
 - wykonywanie pomiarów
4. Sposób prowadzenia instruktażu pracowników przed przystąpieniem do realizacji robót szczególnie niebezpiecznych. Osobą odpowiedzialną za przestrzeganie przepisów BHP jest kierownik robót, który zapewnia:
 - organizację pracy w sposób gwarantujący bezpieczne i higieniczne warunki pracy
 - przestrzeganie przepisów oraz zasad bezpieczeństwa i higieny pracy, usuwanie stwierdzonych uchybień w tym zakresie oraz kontrolowanie wykonywania przepisów
 - wykonanie nakazów, wystąpień, decyzji i zarządzeń wydawanych przez organy nadzoru nad warunkami pracy
 - znajomość, w zakresie niezbędnym do wykonywania ciężących na nim obowiązków, przepisów o ochronie pracy, w tym przepisów oraz zasad bezpieczeństwa i higieny pracy
 - wyznaczenie koordynatora sprawującego nadzór nad bezpieczeństwem i higieną pracy, w przypadku, gdy jednocześnie, w tym samym miejscu, wykonują pracę pracownicy zatrudnieni przez różnych pracodawców
 - zaznajomienie pracowników z zakresem ich obowiązków, sposobem wykonywania pracy na wyznaczonych stanowiskach
 - przeszkolenie pracowników w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy przed dopuszczeniem ich do pracy oraz zapewnia prowadzenie szkoleń okresowych w tym zakresie
5. Środki techniczne i organizacyjne, zapobiegające niebezpieczeństwom wynikającym z wykonywania robót budowlanych w strefach szczególnego zagrożenia zdrowia lub ich sąsiedztwie, w tym zapewniającym bezpieczną i sprawną komunikację, umożliwiającą szybką ewakuację na wypadek pożaru, awarii i innych zagrożeń:
 - wyposażenie techniczne brygady w środki transportu, sprzęt i narzędzia gwarantujące prawidłowe oraz zgodne z przepisami (dokumentacją projektową, instrukcjami montażowymi) wykonanie poszczególnych elementów zadania (sprzęt powinien posiadać certyfikaty bezpieczeństwa)
 - stosowanie przez pracowników helmów ochronnych
 - okresowe szkolenia pracowników z zakresu wprowadzania nowych technologii oraz zasad i przepisów dotyczących bezpieczeństwa pracy
 - okresowe egzaminy z zakresu bhp, p.poż. oraz na grupy kwalifikacyjne SEP
 - wykonywanie robót na czynnych obiektach elektroenergetycznych na podstawie polecenia wydawanego przez uprawnionego pracownika energetyki zawodowej
 - instrukcje ogólne i szczegółowe na miejscu pracy

Autor:

mgr inż. Roman Pawlicki

upr. nr ZAP/0196/PWBE/17

