

Nazwa kwalifikacji: **Eksploatacja urządzeń i systemów energetyki odnawialnej**

Symbol kwalifikacji: **ELE.11**

Numer zadania: **01**

Wersja arkusza: **SG**

Wypełnia zdający

Numer PESEL zdającego*

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Miejsce na naklejkę z numerem
PESEL i z kodem ośrodka

Czas trwania egzaminu: **180** minut.

ELE.11-01-24.01-SG

EGZAMIN ZAWODOWY

Rok 2024

CZĘŚĆ PRAKTYCZNA

**PODSTAWA PROGRAMOWA
2019**

Instrukcja dla zdającego

1. Na pierwszej stronie arkusza egzaminacyjnego wpisz w oznaczonym miejscu swój numer PESEL i naklej naklejkę z numerem PESEL i z kodem ośrodka.
2. Na KARCIE OCENY w oznaczonym miejscu przyklej naklejkę z numerem PESEL oraz wpisz:
 - swój numer PESEL*,
 - oznaczenie kwalifikacji,
 - numer zadania,
 - numer stanowiska.
3. Sprawdź, czy arkusz egzaminacyjny zawiera 17 stron i nie zawiera błędów. Ewentualny brak stron lub inne usterki zgłoś przez podniesienie ręki przewodniczącemu zespołu nadzorującego.
4. Zapoznaj się z treścią zadania oraz stanowiskiem egzaminacyjnym. Masz na to 10 minut. Czas ten nie jest wliczany do czasu trwania egzaminu.
5. Czas rozpoczęcia i zakończenia pracy zapisze w widocznym miejscu przewodniczący zespołu nadzorującego.
6. Wykonaj samodzielnie zadanie egzaminacyjne. Przestrzegaj zasad bezpieczeństwa i organizacji pracy.
7. Po zakończeniu wykonania zadania pozostaw arkusz egzaminacyjny z rezultatami oraz KARTĘ OCENY na swoim stanowisku lub w miejscu wskazanym przez przewodniczącego zespołu nadzorującego.
8. Po uzyskaniu zgody zespołu nadzorującego możesz opuścić salę/miejsce przeprowadzania egzaminu.

Powodzenia!

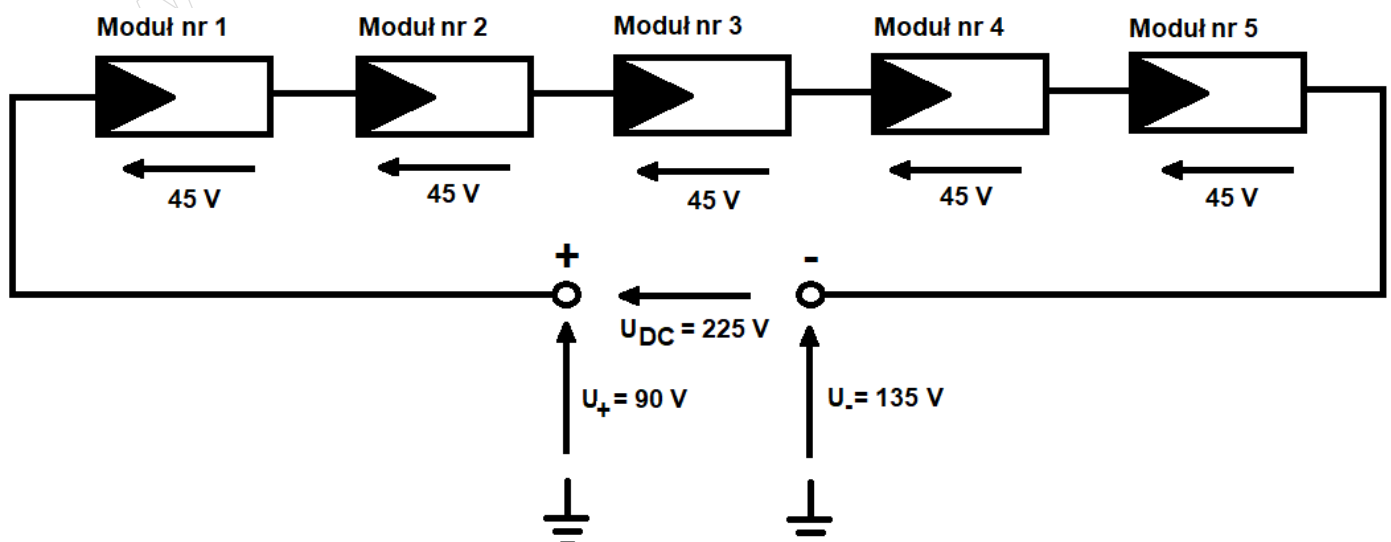
* w przypadku braku numeru PESEL – seria i numer paszportu lub innego dokumentu potwierdzającego tożsamość

Zadanie egzaminacyjne

Na terenie osiedla domów jednorodzinnych przeprowadzono przegląd techniczny instalacji fotowoltaicznych w związku ze zgłoszonymi nieprawidłowościami w ich pracy. Dokonaj analizy opisu sytuacji przedstawionych poniżej oraz wykonaj niezbędne obliczenia, ustalenia i sformułuj wnioski. Zaplanuj dalsze postępowanie w celu wyeliminowania nieprawidłowości.

- Podczas pracy jednej z instalacji fotowoltaicznych, falownik wykrył zwarcie doziemne instalacji. W związku z tym wykonano pomiary napięcia elektrycznego w poszczególnych szeregach modułów fotowoltaicznych. Korzystając z wyników pomiarów zamieszczonych w tabeli 1 oraz schematu szeregu, w którym stwierdzono usterkę (rysunek 1), wykonaj obliczenia i wskaż między którymi modułami nastąpiło zwarcie doziemne.
- W kolejnej instalacji fotowoltaicznej stwierdzono problem z pracą jednofazowego falownika o mocy 3,68 kW. Na jego wyświetlaczu wyświetla się komunikat błędu: GridV.OutLim. W celu ustalenia źródła problemu odczytano wskazania falownika w chwili wystąpienia błędu i wykonano pomiary parametrów instalacji. Wyniki odczytów i pomiarów przedstawiono w tabeli 2. Określ wartości wymagane dla sprawdzanych parametrów. Oceń prawidłowość poszczególnych parametrów. Następnie korzystając z zamieszczonego fragmentu instrukcji montażu i obsługi falownika, określ możliwą przyczynę problemu oraz podaj sposób postępowania w celu jego usunięcia.
- Właściciel trzeciej instalacji fotowoltaicznej zgłosił w okresie gwarancyjnym instalacji PV niższy niż prognozowany uzysk energii elektrycznej i w związku z tym zlecił weryfikację parametrów elektrycznych zamontowanych modułów PV. Weryfikację rozpoczęto od pierwszego modułu w szeregu, wykonując pomiary elektryczne napięcia i natężenia prądu generowanego przez ten moduł, dla różnych obciążeń w warunkach rzeczywistych. Wyniki pomiarów, przeliczone z uwzględnieniem warunków STC, przedstawione są w tabeli 3. Na ich podstawie oblicz współczynnik wypełnienia FF charakterystyki prądowo-napięciowej oraz sprawność weryfikowanego modułu. Następnie porównaj obliczone wartości z wartościami zadeklarowanymi przez producenta (podanymi w karcie katalogowej modułu) i sformułuj wnioski.
- Podczas oględzin pozostałych instalacji fotowoltaicznych stwierdzono inne nieprawidłowości. W oparciu o ich dokumentację fotograficzną (tabela 4), zidentyfikuj je oraz zaproponuj sposoby ich usunięcia.
- Opracuj wykaz wytycznych i zaleceń dotyczących przeglądów, konserwacji i eksploatacji instalacji fotowoltaicznej, korzystając z zapisów zawartych w tabeli 9.

Pozostałe dane potrzebne do rozwiązania zadania znajdują się w tabelach 5, 6, 7 i 8. Wybrane wzory stosowane do obliczeń związanych z instalacjami fotowoltaicznymi zestawione są w tabeli 10. Rozwiązanie zadania zapisz w tabelach od A do E.



Rysunek 1. Schemat szeregu modułów fotowoltaicznych, w którym stwierdzono usterkę, wraz z naniesionymi wynikami pomiarów elektrycznych

Tabela 1. Wyniki pomiarów napięcia elektrycznego w szeregu modułów fotowoltaicznych, w którym stwierdzono usterkę

Lp.	Parametr	Jednostka miary	Wartość
1	Napięcie U_+	V	90
2	Napięcie U_-	V	135
3	Napięcie U_{DC}	V	225

Tabela 2. Wyniki pomiarów i odczytów parametrów instalacji fotowoltaicznej w chwili wystąpienia błędu

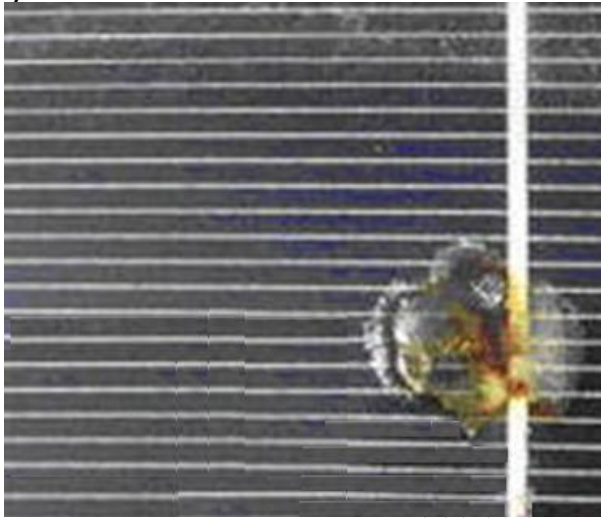
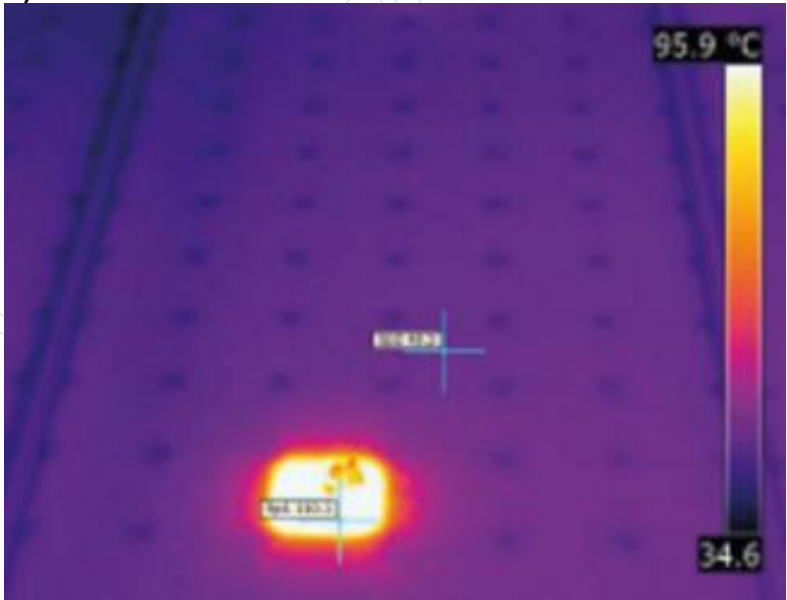
Lp.	Parametr	Jednostka miary	Wartość
1	Napięcie U_{DC}	V	535
2	Napięcie U_{L1}	V	265
3	Rezystancja $R_{(DC+ PE)}$	MΩ	189
4	Rezystancja $R_{(DC- PE)}$	MΩ	213

Tabela 3. Wyniki pomiarów napięcia i prądu oraz obliczona moc elektryczna pierwszego modułu fotowoltaicznego*

Lp.	Napięcie V	Prąd A	Moc W
1.	0	8,10	0
2.	3,86	7,68	29,64
3.	6,07	7,65	46,44
4.	10,29	7,63	78,51
5.	13,98	7,62	106,53
6.	18,38	7,61	139,87
7.	21,50	5,85	125,78
8.	22,06	4,94	108,98
9.	22,45	2,81	63,08
10.	22,60	1,98	44,75
11.	22,90	0	0

* **UWAGA!** Podane wartości napięcia i prądu zostały przeliczone do warunków wzorcowych STC ($E = 1000 \text{ W/m}^2$, $T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$, $AM = 1,5$).

Tabela 4. Dokumentacja fotograficzna nieprawidłowości stwierdzonych w instalacjach fotowoltaicznych

Nr posesji/ nr nieprawidłowości	Zdjęcie nieprawidłowości	Opis zdjęcia
1/1	a)  b) 	a) Zdjęcie fragmentu modułu fotowoltaicznego b) Zdjęcie termowizyjne modułu z uszkodzonym ogniwem fotowoltaicznym

1/2		Zdjęcie fragmentu modułu fotowoltaicznego
2/1		Zdjęcie modułów fotowoltaicznych
2/2		Zdjęcie falownika – falownik zamontowany jest w odległości 8 cm od sufitu

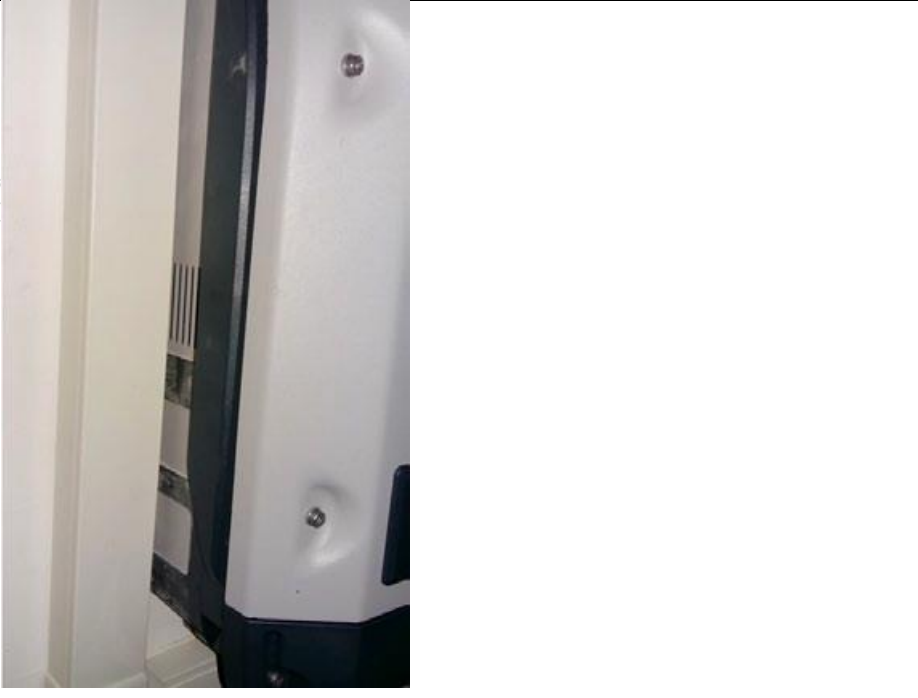
3/1		Zdjęcie konektorów fotowoltaicznych
4/1		Zdjęcie fragmentu modułu fotowoltaicznego
4/2		Zdjęcie fragmentu falownika oraz korytka elektrycznego – falownik zamontowany jest w odległości 3 cm od korytka

Tabela 5. Wybrane wymagania dotyczące montażu i obsługi falownika

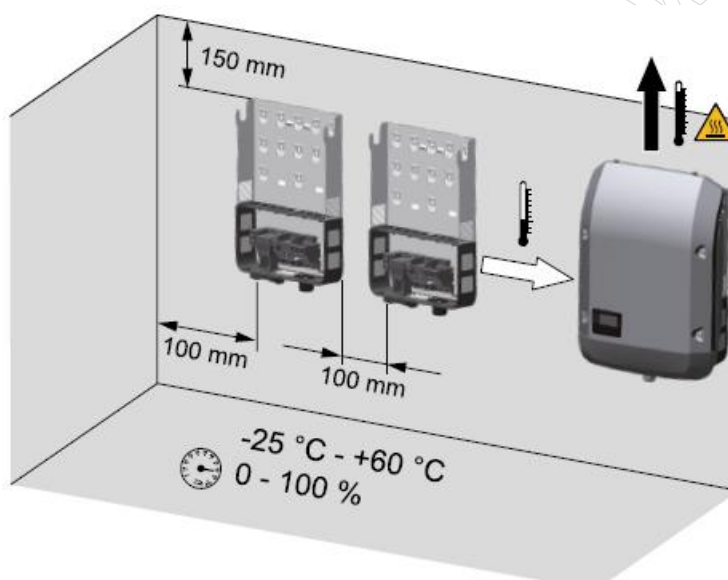
Fragment instrukcji montażu i obsługi falownika

Wybór miejsca montażu

Przy wyborze miejsca montażu falownika należy wziąć pod uwagę następujące wytyczne:

- Sposób montażu i lokalizacja muszą być odpowiednie do wagi i wymiarów falownika.
- Miejsce instalacji powinno być wyraźnie widoczne i powinno być łatwo dostępne bez potrzeby używania dodatkowych pomocy, takich jak np. rusztowania.
- Dla wygody odczytu wyświetlacza LCD oraz ewentualnych prac konserwacyjnych, falownik należy zainstalować na wysokości oczu.
- Temperatura otoczenia w miejscu instalacji falownika powinna wynosić od $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Instalacja falownika w miejscu mocnego nasłonecznienia nie jest zalecana, ponieważ nadmierne nagrzanie może prowadzić do spadku mocy.
- Dla lepszej wentylacji należy zostawić odpowiednią przestrzeń wokół falownika.

(...)



- Powietrze chłodzące falownik przepływa od lewej strony do góry (dopływ chłodnego powietrza z lewej strony, odprowadzenie ciepłego powietrza do góry). Powietrze odlotowe może osiągać temperaturę $70\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Instalacja pionowa falownika. Złącza powinny znajdować się na dole, instalacja boczna jest niedozwolona; kąt wychylenia falownika od pionu w kierunku „do tyłu” nie może przekraczać 30° . Wychylenie „do przodu”, montaż poziomy oraz montaż odwróconego falownika jest niedozwolony.

Rozwiązywanie problemów

W większości sytuacji falownik nie wymaga serwisu. Jednakże, jeśli falownik nie działa prawidłowo, zalecamy poniższe rozwiązania problemów.

Wyświetlany komunikat o błędzie	Możliwa przyczyna	Sposoby postępowania
GFCI.Err	Prąd upływu za wysoki	Sprawdź okablowanie.
GridF.OutLim	Częstotliwość sieci poza limitem	1. Sprawdź czy częstotliwość sieci jest zgodna z normami. 2. Sprawdź okablowanie po stronie AC. 3. Jeśli po kilku restartach problem nie zniknie, skontaktuj się z dostawcą energii.
GridV.OutLim	Napięcie sieci poza limitem	1. Sprawdź czy napięcie sieci jest zgodne z normami. 2. Sprawdź okablowanie po stronie AC. 3. Jeśli po kilku restartach problem nie zniknie, skontaktuj się z dostawcą energii.
IntFaultB	Zbyt duże napięcie magistrali	Sprawdź czy napięcie wejściowe PV jest w normie.
IntProtectO	Ochrona MCU	Sprawdź napięcie w sieci z normami oraz przepisami.
PVVoltOver	Za wysokie napięcie na PV	Sprawdź czy napięcie na macierzy PV jest zgodne z wymaganiami.

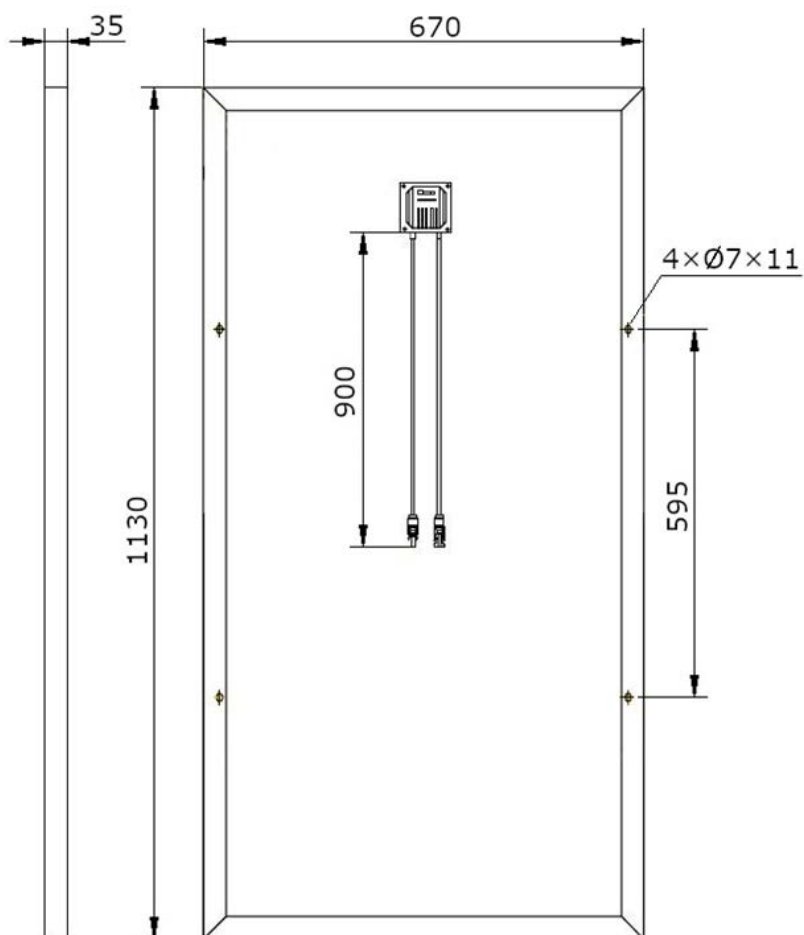
- Restart: rozłącz włączniki wejścia i wyjścia, włącz je ponownie, gdy wyświetlacz LCD i diody zgasną.
- Jeśli wyświetlacz LCD nie działa, sprawdź okablowanie DC i AC.
- Przy niskim nasłonecznieniu falownik może się ciągle włączać i wyłączać. Jest to spowodowane niewystarczającą generowaną mocą do sterowania obwodami sterującymi.

Tabela 6. Fragment karty katalogowej falownika - specyfikacja techniczna

WEJŚCIE DC	
Maksymalne napięcie	600 V
Maksymalny prąd wejścia	12 A
Maksymalny prąd zwarciový dla MPPT	14 A
Zakres napięcia MPPT	160 V – 540 V
Napięcie rozruchowe	80 V
Liczba trackerów MPP	2
Stringi na tracker MPP	1
WYJŚCIE AC	
Nominalna moc	3680 W
Maksymalna moc pozorna	3680 VA
Znamionowe napięcie sieci	230 V
Znamionowa częstotliwość sieci	50 Hz
Nominalny prąd wyjściowy	16 A

Tabela 7. Fragment karty katalogowej modułu fotowoltaicznego – specyfikacja techniczna

Moc nominalna	P_{mpp} , W	140	
Napięcie obwodu otwartego	U_{oc} , V	22,9	
Napięcie mocy maksymalnej	U_{mpp} , V	18,40	
Prąd zwarcia	I_{sc} , A	8,1	
Natężenie prądu mocy maksymalnej	I_{mpp} , A	7,61	
Maksymalne napięcie systemu DC	V	1500	
Współczynnik wypełnienia	FF	0,75	
Sprawność	η	0,18	
Tolerancja mocy wyjściowej	-	+3 %	
Współczynniki temperaturowe	Współczynnik temperaturowy mocy: -0,36 % /°C	Współczynnik temperaturowy natężenia prądu: 0,06 % /°C	Współczynnik temperaturowy napięcia: -0,3 % /°C



Wymiary podano w mm.

Wymiary modułu fotowoltaicznego

Tabela 8. Wybrane wymagania dotyczące instalacji elektrycznych

Fragment rozporządzenia Ministra Klimatu i Środowiska 31 maja 2023 r. w sprawie wymagań technicznych, warunków przyłączania oraz współpracy mikroinstalacji z systemem elektroenergetycznym

Rozdział II

Szczegółowe warunki przyłączania mikroinstalacji do sieci elektroenergetycznej

I. Warunki w zakresie uruchomienia mikroinstalacji

1. Uruchomienie mikroinstalacji jest możliwe tylko wtedy, gdy napięcie i częstotliwość, w trakcie pracy mikroinstalacji z mocą znamionową lub nominalną, mieszczą się w dopuszczalnym zakresie oraz w czasie nie krótszym niż minimalny czas obserwacji²⁾. Parametry te są możliwe do ustawienia w mikroinstalacji.

2. Nastawy dla uruchomienia mikroinstalacji lub rozpoczęcia wytwarzania energii elektrycznej w wyniku rozruchu lub działania w warunkach normalnych oraz dla ponownego załączenia po wyłączeniu przez układ zabezpieczeń są następujące:

- 1) zakres częstotliwości: od 47,5 Hz do 50,1 Hz;
- 2) zakres napięcia: od 0,85 U_n do 1,1 U_n ;
- 3) minimalny czas obserwacji: 60 s²⁾;
- 4) minimalna zwłoka czasowa: 60 s;
- 5) maksymalny dopuszczalny gradient wzrostu generowanej mocy czynnej: 10% mocy maksymalnej mikroinstalacji na minutę.

²⁾ Przez minimalny czas obserwacji należy rozumieć okres, w jakim dokonuje się sprawdzenia, czy parametry częstotliwości i napięcia mieszczą się w wymaganym zakresie podanym w ust. 2 pkt 1 i 2.

Minimalne wartości rezystancji izolacji na podstawie normy PN-HD 60364-6:2016-07

Pomiary rezystancji izolacji przewodów elektrycznych wykonuje się między przewodami czynnymi oraz między przewodami czynnymi a przewodem ochronnym przyłączonym do układu uziemiającego.

Rezystancja izolacji, mierzona przy napięciu pomiarowym o wartościach podanych w tabeli jest zadowalająca, jeżeli jej wartość jest nie mniejsza niż odpowiednia wartość podana niżej:

Minimalne wartości rezystancji izolacji

Napięcie nominalne obwodu V	Napięcie probiercze DC V	Rezystancja izolacji MΩ
SELV i PELV	250	0,5
Do 500 V włącznie, w tym FELV	500	1
Powyżej 500 V	1 000	1

Tabela 9. Wybrane wytyczne i zalecenia dotyczące przeglądów, konserwacji i eksploatacji instalacji odnawialnych źródeł energii

Wytyczne/ zalecenia dotyczące przeglądów/ konserwacji/ eksploatacji
Mycie modułów należy przeprowadzić wykorzystując specjalne myjki lub szczotki z miękkim włosiem, bez ostrych krawędzi.
Okresowo wykonać pomiar rezystancji izolacji przewodów.
Okresowo przeprowadzić kontrolę ciśnienia wstępnego w naczyniu wzbiórczym.
Przeprowadzić kontrolę stanu izolacji przewodów DC.
Sprawdzić stan odprowadzania kondensatu z tacy ociekowej.
Okresowo przeprowadzić kontrolę zabezpieczeń elektrycznych nadprądowych i przeciwprzepięciowych.
Parownik zewnętrzny należy czyścić po wcześniejszym zdjęciu obudowy.
Okresowo sprawdzić stan połączeń śrubowych konstrukcji i stelaża.
Okresowo przeprowadzić kontrolę wzrokową ułożenia węży spustowego kondensatu.
Mycie modułów najlepiej przeprowadzać w godzinach porannych lub wieczornych przy zachmurzonym niebie.
Okresowo sprawdzić stopień korozji elementów konstrukcji.
Mocno zanieczyszczone parowniki można czyścić wodą pod ciśnieniem. Zaleca się stosować do tego celu płaską dyszę, a strumień wody kierować na lamele pod kątem 12-20°, z odległości 20-30 cm.
Monitorować stan pracy inwertera i zgłaszanych alarmów.
Okresowo sprawdzić stan złączy elektrycznych.
Okresowo wykonać czyszczenie filtra zanieczyszczeń.
Wykonać testy zmęzeniowe polegające na wytworzeniu na powierzchni łopaty drgań o częstotliwości od 0,5 do 2 Hz.
Okresowo przeprowadzić kontrolę ochrony przed zamarzaniem.
Okresowo przeprowadzić kontrolę występowania przecieków na śrubunkach, wymienniku ciepła, zaworze bezpieczeństwa, w miejscach lutowania.

Tabela 10. Wybrane wzory stosowane do obliczeń związanych z instalacjami fotowoltaicznymi

Lp.	Wzór	Objaśnienia
1.	$wskp = \frac{P_{PV}}{S}$	$wskp$ – wskaźnik mocy, kW/m ² P_{PV} – moc modułu, kW S – powierzchnia modułu, m ²
2.	$n^+ = \frac{U_+ \cdot n}{U_{DC}}$	n^+ – liczba modułów w szeregu licząc od falownika po stronie przewodu oznaczonego znakiem „+” do miejsca wystąpienia zwarcia U_+ – napięcia zmierzone pomiędzy przewodem oznaczonym „+” a uziemieniem instalacji, V U_{DC} – napięcie zmierzone pomiędzy przewodami przyłączeniowymi szeregu oznaczonymi znakami „+” i „-” n – liczba modułów fotowoltaicznych w szeregu
3.	$FF = \frac{U_{mpp} \cdot I_{mpp}}{U_{OC} \cdot I_{SC}}$	FF – współczynnik wypełnienia charakterystyki prądowo-napięciowej U_{mpp} – napięcie w punkcie mocy maksymalnej, V I_{mpp} – prąd w punkcie mocy maksymalnej, A U_{OC} – napięcie otwartego obwodu (jałowe), V I_{SC} – prąd zwarcia, A
4.	$P_{max} = \frac{\Delta U}{Z \cdot U_f}$	P_{max} – moc maksymalna jaką można przyłączyć na jedną fazę, kW ΔU – dopuszczalny wzrost napięcia w miejscu przyłączenia falownika, V Z – impedancja w miejscu przyłączenia, Ω U_f – maksymalne dopuszczalne napięcie fazowe, V
5.	$\eta = \frac{P_{max}}{E \cdot S}$	η – sprawność modułu fotowoltaicznego P_{max} – moc maksymalna modułu, W E – natężenie promieniowania słonecznego, W/m ² S – powierzchnia modułu, m ²

Czas przeznaczony na wykonanie zadania wynosi 180 minut.

Ocenie będzie podlegać 5 rezultatów:

- ustalenie miejsca występowania zwarcia doziemnego, wraz z obliczeniami (tabela A)
- ustalenie przyczyny nieprawidłowej pracy falownika i sposobu postępowania w celu rozwiązania problemu (tabela B),
- sprawdzenie współczynnika wypełnienia charakterystyki prądowo-napięciowej (FF) oraz sprawności modułu fotowoltaicznego (tabela C),
- wykaz nieprawidłowości stwierdzonych w instalacjach fotowoltaicznych oraz sposobów ich usuwania (tabela D),
- wykaz wytycznych i zaleceń dotyczących przeglądów, konserwacji i eksploatacji instalacji fotowoltaicznej (tabela E).

Tabela A. Ustalenie miejsca występowania zwarcia doziemnego

Miejsce na obliczenia
Wniosek
Zwarcie znajduje się pomiędzy modulem nr a modulem nr

Tabela B. Ustalenie przyczyny nieprawidłowej pracy falownika i sposobu postępowania w celu usunięcia usterki

Lp.	Zmierzony/ odczytany parametr	Jednostka miary	Wartość zmierzona/ odczytana	Wymagane wartości	Ocena parametru (prawidłowy/ nieprawidłowy*)
1	2	3	4	5	6
1					
2					
3					
4					
Komunikat o błędzie		Możliwa przyczyna błędu		Sposób postępowania	

* Należy wpisać właściwą ocenę.

Tabela C. Sprawdzenie współczynnika wypełnienia charakterystyki prądowo-napięciowej (FF) oraz sprawności modułu fotowoltaicznego

Miejsce na obliczenia współczynnika FF	Wartość współczynnika FF
	Obliczona*:
	Zadeklarowana przez producenta:
Miejsce na obliczenia sprawności	Wartość sprawności
	Obliczona*:
	Zadeklarowana przez producenta:
Wnioski	
1. Obliczony współczynnik FF modułu fotowoltaicznego jest zgodny/niezgodny** z wartością zadeklarowaną przez producenta. 2. Obliczona sprawność modułu fotowoltaicznego jest zgodna/niezgodna** z wartością zadeklarowaną przez producenta.	

* Wartość należy zaokrąglić do drugiego miejsca po przecinku.

** Niepotrzebne należy skreślić.

Tabela D. Wykaz nieprawidłowości stwierdzonych w instalacjach fotowoltaicznych oraz sposobów ich usuwania

Nr posesji/ nr nieprawidłowości (zgodne z dokumentacją fotograficzną)	Nazwa nieprawidłowości w instalacji fotowoltaicznej	Sposób/ sposoby usuwania nieprawidłowości

Tabela E. Wykaz wytycznych i zaleceń dotyczących przeglądów, konserwacji i eksploatacji instalacji fotowoltaicznej

Lp.	Wytyczne/ zalecenia

**Miejsce na zapisy niepodlegające ocenie
(brudnopis)**

www.EgzaminZawodowy.info