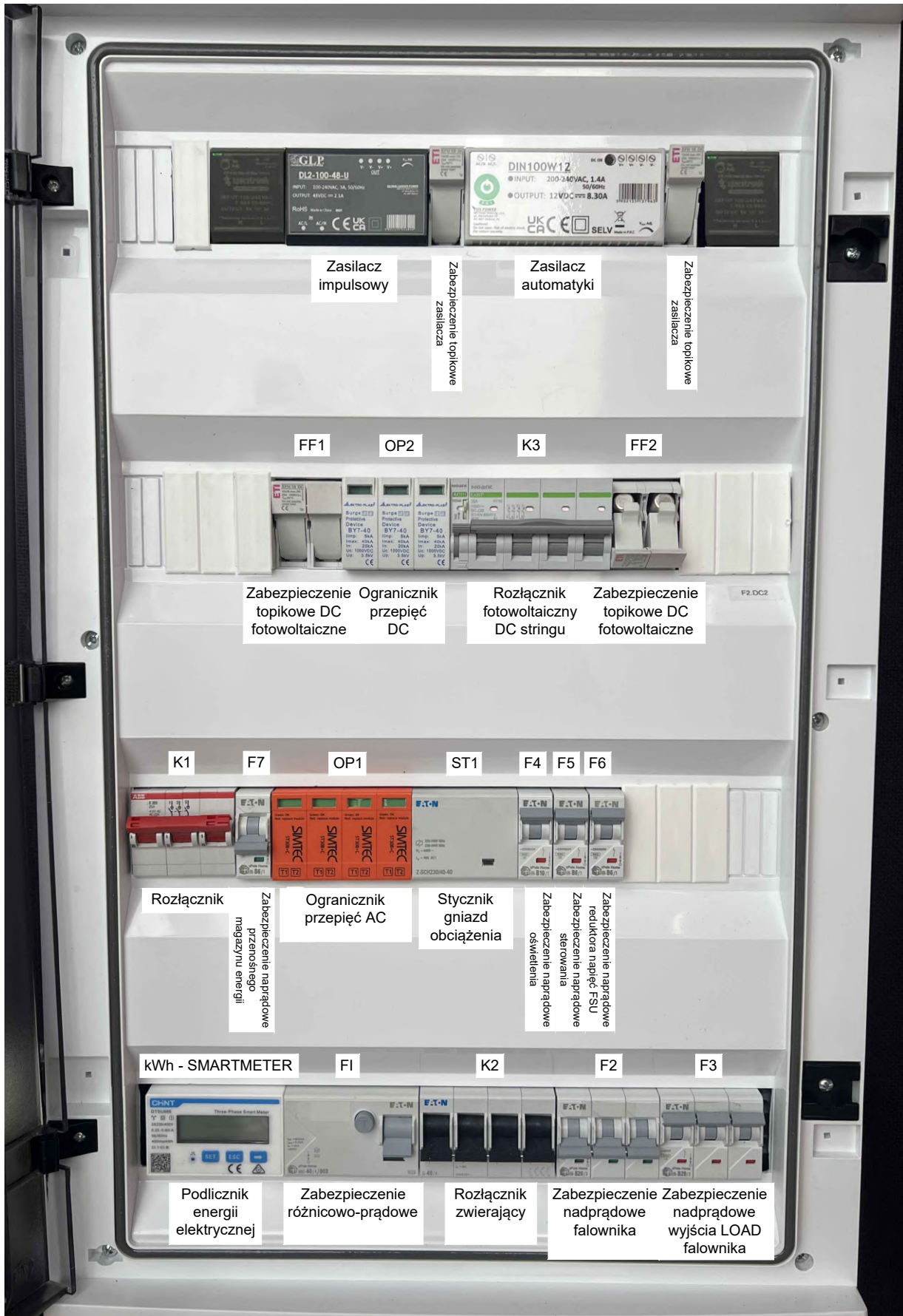




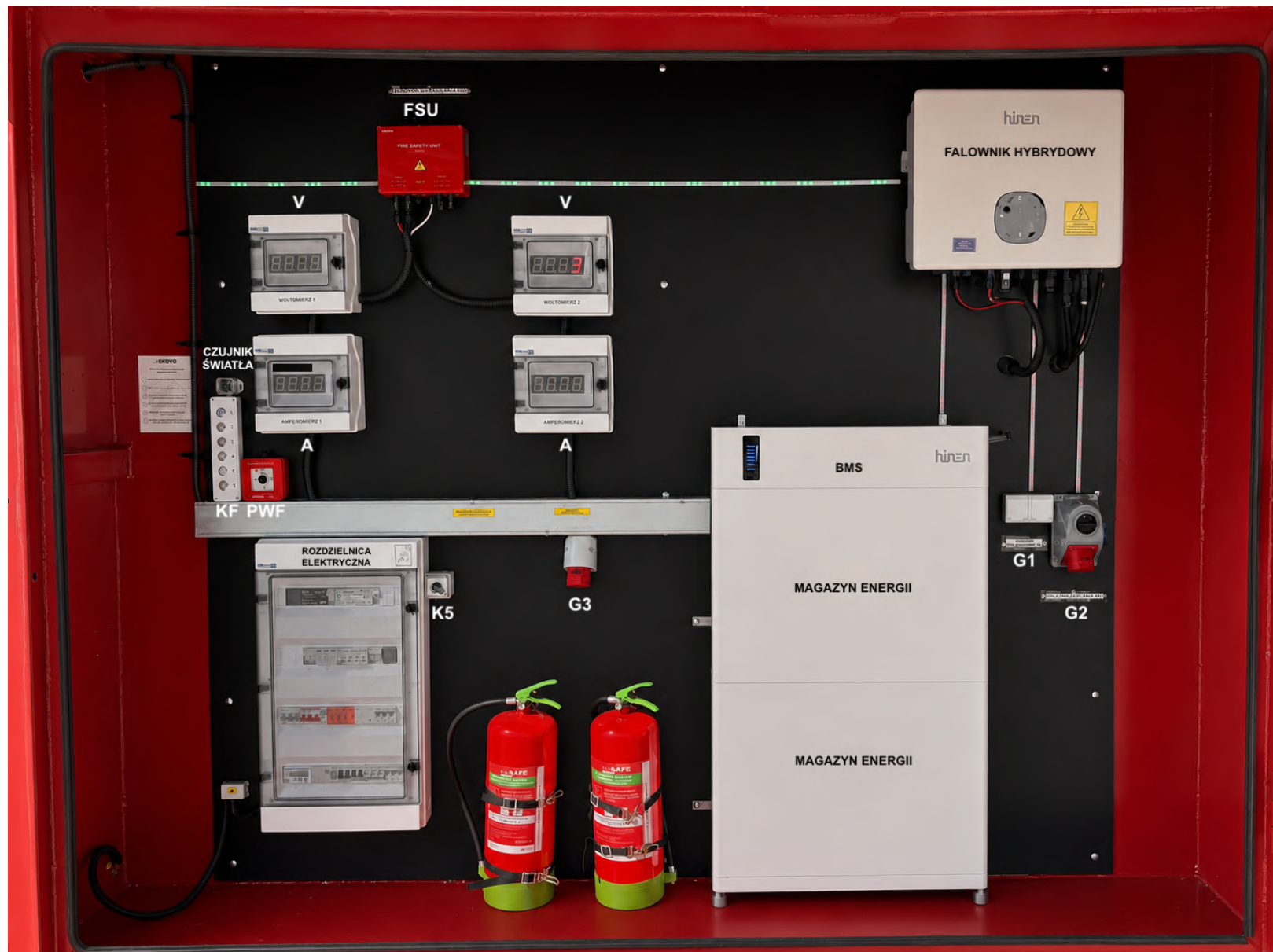
INSTRUKCJA EKSPLOATACJI I BEZPIECZEŃSTWA

**Mobilne stanowisko dydaktyczne w kontenerze hakowym z
instalacją fotowoltaiczną wraz z magazynem energii**

ROZDZIELNICA ELEKTRYCZNA



ŚCIANKA DYDAKTYCZNA



SPIS TREŚCI

1.	INFORMACJE OGÓLNE.....	7
1.1.	ZAKRES INSTRUKCJI.....	7
1.2.	PRZEZNACZENIE STANOWISKA.....	7
3.	CHARAKTERYSTYKA TECHNICZNA I BUDOWA STANOWISKA	8
3.1.	KONSTRUKCJA KONTENERA.....	8
3.2.	WYPOSAŻENIE KONTENERA	8
4.	INSTALACJA FOTOWOLTAICZNA.....	9
4.1.	PARAMETRY OGÓLNE I STRUKTURA SYSTEMU.....	9
4.2.	ROZMIESZCZENIE I MONTAŻ MODUŁÓW	9
4.3.	MECHANIZM POZYCJONOWANIA PANELI BOCZNYCH.....	9
5.	WYPOSAŻENIE STANOWISKA DYDAKTYCZNEGO.....	9
5.1.	KOMPONENTY GŁÓWNE I APARATURA BADAWCZA.....	9
5.2.	SYSTEM WIZUALIZACJI PROCESÓW (DYNAMICZNE LINIE LED).....	10
5.3.	WYPOSAŻENIE PRZECIWOŻAROWE I BHP	10
6.	PROCEDURA BEZPIECZNEGO URUCHOMIENIA STANOWISKA.....	10
6.1.	STAN POCZĄTKOWY (PRZYGOTOWANIE)	10
6.2.	SCENARIUSZ A: URUCHOMIENIE PRZY PRAWIDŁOWYM NAŁADOWANIU MAGAZYNU ENERGII (POZIOM AKUMULATORA =>20%).....	11
6.3.	SCENARIUSZ B: URUCHOMIENIE PRZY NISKIM STANIE NAŁADOWANIA (POZIOM AKUMULATORA <20%) - ZASILANIE Z SIECI AC	12
6.4.	CZYNNOŚCI KOŃCOWE I WERYFIKACJA	13
6.5.	GNIAZDO TRÓJFAZOWE G3	13
7.	PROCEDURA BEZPIECZNEGO WYŁĄCZENIA STANOWISKA.....	13
7.1.	SEKWENCJA WYŁĄCZANIA KROK PO KROKU.....	13
7.2.	STAN BEZPIECZNY (SERWIS / SZKOLENIE).....	14
8.	TRYBY PRACY INSTALACJI.....	14
	TRYB 1 – PRACA INSTALACJI HYBRYDOWEJ PV W DZIEŃ.....	14
1.	PROCEDURA OBSŁUGI I TECHNICZNY PRZEPLÝW ENERGII	14
2.	CEL DYDAKTYCZNY I KONTEKST TEORETYCZNY	14
3.	SYGNALIZACJA I WIZUALIZACJA.....	15
	TRYB 2 – PRACA INSTALACJI HYBRYDOWEJ PV W NOCY	15
1.	PROCEDURA OBSŁUGI I TECHNICZNY PRZEPLÝW ENERGII	15
2.	CEL DYDAKTYCZNY I KONTEKST TEORETYCZNY	15
3.	SYGNALIZACJA I WIZUALIZACJA.....	15
	TRYB 3 – PRACA INSTALACJI PV PODŁĄCZONEJ DO SIECI ENERGETYCZNEJ (ON GRID).....	15
1.	PROCEDURA OBSŁUGI I TECHNICZNY PRZEPLÝW ENERGII	16
2.	CEL DYDAKTYCZNY I KONTEKST TEORETYCZNY	16
3.	SYGNALIZACJA I WIZUALIZACJA.....	16
	TRYB 4 – PRACA INSTALACJI PV NIEPODŁĄCZONEJ DO SIECI ENERGETYCZNEJ (OFF GRID).....	16
1.	PROCEDURA OBSŁUGI I TECHNICZNY PRZEPLÝW ENERGII	16
2.	CEL DYDAKTYCZNY I KONTEKST TEORETYCZNY	16
3.	SYGNALIZACJA I WIZUALIZACJA.....	17
	TRYB 5 – WŁĄCZNIK/WYŁĄCZNIK ZASILANIA DO GNIAZDA 230V	17
1.	PROCEDURA OBSŁUGI I TECHNICZNY PRZEPLÝW ENERGII	17
2.	CEL DYDAKTYCZNY I KONTEKST TEORETYCZNY	17
	TRYB 6 – WYŁĄCZNIK SYGNALIZACJI LEDOWEJ TRYBÓW PRACY (ON GRID, OFF GRID, HYBRYDA).....	17
1.	PROCEDURA OBSŁUGI I TECHNICZNY PRZEPLÝW ENERGII	17
2.	CEL DYDAKTYCZNY I KONTEKST TEORETYCZNY	17
9.	PRZELĄCZANIE STRINGÓW FOTOWOLTAICZNYCH DC.....	18
9.1.	ZASADA DZIAŁANIA I BLOKADA ELEKTRYCZNA	18
9.2.	PROCEDURA PRZELĄCZANIA STRINGÓW KROK PO KROKU	18
10.	PROCEDURA TRANSPORTU KONTENERA	19
10.1.	WYMAGANIA TECHNICZNE DOTYCZĄCE POJAZDU	19

10.2.	CZYNNOŚCI PRZYGOTOWAWCZE PRZED ZAŁADUNKIEM I TRANSPORTEM	19
10.3.	ZAŁADUNEK I PRZEJAZD	19
11.	WYTYCZNE DOTYCZĄCE POSADOWIENIA KONTENERA	20
11.1.	WYMAGANIA DOTYCZĄCE PODŁOŻA	20
11.2.	POZIOMOWANIE KONSTRUKCJI	20
11.3.	STREFY BEZPIECZNEJ OBSŁUGI (MINIMALNA PRZESTRZEŃ OPERACYJNA)	20
12.	UZIEMIENIE KONTENERA	21
13.	OGÓLNE ZASADY BEZPIECZEŃSTWA I WYMAGANIA BHP	21
13.1.	KWALIFIKACJE I UPRAWNIENIA PERSONELU.....	21
13.2.	BEZWZGLĘDNE ZAKAZY EKSPLOATACYJNE	21
14.	SYMULACJA ŁUKU ELEKTRYCZNEGO	22
	<i>Wywołanie iskrzenia:</i>	22
	<i>Przerwanie iskrzenia, zakończenie pracy iskrownika:</i>	22
15.	POSTĘPOWANIE W PRZYPADKU AWARII	22
16.	KONSERWACJA INSTALACJI	23

1. Informacje ogólne

1.1. Zakres instrukcji

Niniejsza instrukcja określa zasady eksploatacji, użytkowania i transportu oraz szczegółowe wymagania bezpieczeństwa dla **mobilnego stanowiska dydaktycznego z instalacją fotowoltaiczną**. Stanowisko to zostało wbudowane w kontener przystosowany do transportu drogowego pojazdem z systemem hakowym.

1.2. Przeznaczenie stanowiska

Stanowisko ma charakter wyłącznie **dydaktyczno-demonstracyjny** i nie jest przeznaczone do komercyjnej produkcji energii elektrycznej. Urządzenie służy do realizacji procesów szkoleniowych w zakresie:

- Budowy i konfiguracji instalacji fotowoltaicznych,
- Zasad działania systemów PV (fotowoltaicznych),
- Identyfikacji i analizy zagrożeń elektrycznych w instalacjach prądu stałego (DC) oraz przemiennego (AC),
- Procedur oraz technik gaszenia pożarów instalacji fotowoltaicznych.

2. Wykaz oznaczeń

- G₁** - gniazdo zespolone
- G₂** - gniazdo odbiornikowe
- G₃** - gniazdo odbiornikowe 3F
- K1** - rozłącznik
- FI** - zabezpieczenie różnicowo prądowe
- kWh** - podlicznik energii elektrycznej
- K2** - rozłącznik zwierający
- F2** - zabezpieczenie nadprądowe falownika
- F3** - zabezpieczenie nadprądowe wyjścia LOAD falownika
- F4** - zabezpieczenie nadprądowe oświetlenia
- F5** - zabezpieczenie nadprądowe sterowania
- F6** - zabezpieczenie nadprądowe reduktora napięć FSU
- F7** - zabezpieczenie nadprądowe PowerStation PS3000 (przenośny magazyn energii)
- OP1** - ogranicznik przepięć AC
- OP2** - ogranicznik przepięć DC
- ST1** - stycznik gniazd obciążenia
- BAT** - magazyn energii
- STF1, STF2** - stycznik fotowoltaiczny
- FF1, FF2** - zabezpieczenia topikowe DC fotowoltaiczne
- K3** - rozłącznik fotowoltaiczny DC stringu
- K5** - przełącznik krzywkowy
- A** - amperomierz

V - woltomierz

FSU - moduł redukcji napięć fotowoltaicznych DC

PWF - pożarowy wyłącznik fotowoltaiki

KF – kasetta sterownicza

LED 1 - taśma LED pomiędzy stringiem a FSU

LED 2 - taśma LED pomiędzy FSU a falownikiem

LED 3 - taśma LED pomiędzy falownikiem a zestawem akumulatorów

LED 4 - taśma LED pomiędzy falownikiem a gniazdem zasilania AC i G₁

LED 5 - taśma LED pomiędzy falownikiem a gniazdem obciążenia G₂ i G₃

3. Charakterystyka techniczna i budowa stanowiska



UWAGA!

Jeżeli w obwodzie DC występuje napięcie poniżej 50V to taśmy LED 1 oraz LED 2 świecą kolorem zielonym.

Jeżeli napięcie w obwodzie DC przekracza 50V to taśmy LED1 oraz LED2 świecą kolorem czerwonym.

3.1. Konstrukcja kontenera

Stanowisko dydaktyczne zostało zabudowane w dedykowanym kontenerze stalowym, którego konstrukcja jest w pełni przystosowana do załadunku i transportu drogowego pojazdami ciężarowymi wyposażonymi w hydrauliczny system hakowy (hakowiec).

3.2. Wyposażenie kontenera

Kontener został wyposażony w elementy zapewniające mobilność, bezpieczeństwo eksploatacji oraz stabilność ładunku w czasie transportu:

- **Elementy transportowe:**
 - Certyfikowany uchwyt hakowy (zaczepowy),
 - Rolki jezdne (transportowe) ułatwiające załadunek i rozładunek.
- **Elementy konstrukcyjne i dostęp:**
 - Drzwi wejściowe (zamykane),
 - Drabina zewnętrzna umożliwiająca dostęp do dachu kontenera.
- **Instalacja wewnętrzna i zabezpieczenia:**
 - Gniazdo odbiorcze 3F (G3) o maksymalnej mocy 10kW,
 - Oświetlenie wewnętrzne (2 × oprawy o mocy 70 W),
 - Dedykowane uchwyty i punkty mocowania do zabezpieczenia na czas transportu kluczowych komponentów: wanny wychwytowej/technologicznej, przenośnej stacji zasilającej oraz modułów fotowoltaicznych.

4. Instalacja fotowoltaiczna

4.1. Parametry ogólne i struktura systemu

Głównym elementem wykonawczym stanowiska dydaktycznego jest instalacja fotowoltaiczna (PV) składająca się z 15 monokrystalicznych modułów fotowoltaicznych o łącznej mocy znamionowej 8,7 kWp.

4.2. Rozmieszczenie i montaż modułów

Moduły PV zostały podzielone na trzy równe sekcje (po 5 paneli w każdej) i rozmieszczone w sposób umożliwiający demonstrację różnych kątów i warunków pracy instalacji:

- **Sekcja dachowa:** 5 modułów zainstalowanych na stałe na dachu kontenera.
- **Sekcja boczna lewa:** 5 modułów zamontowanych na lewej ścianie kontenera.
- **Sekcja boczna prawa:** 5 modułów zamontowanych na prawej ścianie kontenera.

4.3. Mechanizm pozycjonowania paneli bocznych

Panele na ścianach bocznych kontenera zostały posadowione na dedykowanych klapach ruchomych. System siłowników mechanicznych umożliwia płynne podnoszenie klap i stabilne ustawienie modułów w pozycji roboczej pod optymalnym kątem do padania promieni słonecznych. Na czas transportu klapy są opuszczane i blokowane w pozycji pionowej, co zabezpiecza panele przed uszkodzeniami mechanicznymi.

5. Wyposażenie stanowiska dydaktycznego

5.1. Komponenty główne i aparatura badawcza

W skład mobilnego stanowiska szkoleniowego wchodzi następujące elementy systemowe i demonstracyjne:

- **Tablica demonstracyjna z aparaturą PV i rozdzielnicą elektryczną** – wyposażona w niezbędną aparaturę łączeniową, zabezpieczenia nadprądowe, przepięciowe oraz rozłączniki izolacyjne. Układ pozwala na konfigurację i prezentację pracy instalacji w trzech trybach:
 - **On-grid** (sieciowy),
 - **Off-grid** (wyspowy),
 - **Hybrydowym**.
- **Stanowisko do symulacji łuku elektrycznego prądu stałego (DC)** – dedykowany moduł przeznaczony do bezpiecznej prezentacji zjawiska łuku elektrycznego oraz testowania detekcji i gaszenia tego typu zagrożeń.
- **Przenośna stacja zasilania** – stanowiąca magazyn energii i element wykonawczy dla systemów off-grid/hybrydowych.

- **Wymienny zestaw paneli fotowoltaicznych** – przeznaczony do ćwiczeń praktycznych z montażu, demontażu lub symulacji uszkodzeń.
- **Wanna wychwytowa (technologiczna)** – przeznaczona do zbierania i zatrzymywania wody oraz środków gaśniczych używanych podczas ćwiczeń z gaszenia pożarów modułów PV.

5.2. System wizualizacji procesów (Dynamiczne linie LED)

W celu podniesienia walorów edukacyjnych i ułatwienia zrozumienia procesów zachodzących w instalacji, na tablicy demonstracyjnej zintegrowano system wizualizacji oparty na adresowalnych taśmach LED.

- **Zasada działania:** Taśmy LED w sposób dynamiczny (poprzez animację ruchu światła) odwzorowują aktualny kierunek oraz intensywność przepływu energii elektrycznej pomiędzy poszczególnymi komponentami systemu PV w wybranym trybie pracy (on-grid, off-grid lub hybryda).

5.3. Wyposażenie przeciwpożarowe i BHP

Na wyposażeniu stanowiska znajdują się dedykowane środki gaśnicze i zabezpieczające, niezbędne do realizacji modułu szkoleniowego z zakresu PPOŻ:

- **Gańnice** – 2 szt. (dostosowane do gaszenia urządzeń pod napięciem),
- **Płachta gaśnicza (koc gaśniczy)** – 1 szt. (przeznaczona do tłumienia ognia lub odcinania dopływu światła do modułów PV).

6. Procedura bezpiecznego uruchomienia stanowiska

Przed przystąpieniem do uruchomienia należy upewnić się, że stanowisko zostało prawidłowo posadowione, a klapy boczne z modułami PV zostały rozłożone i zablokowane w pozycji roboczej.

6.1. Stan początkowy (przygotowanie)

W pierwszej kolejności należy bezwzględnie doprowadzić układ do stanu bezpiecznego, ustawiając w **pozycji rozłączonej (wyłączonej / OFF)** następujące elementy:

- Rozłącznik na gnieździe zespolonym **G1**,
- Rozłączniki główne: **K1, K2, K3**,
- Wyłączniki (rozłączniki DC) falownika,
- Wyłącznik główny banku energii (**BAT**).

Skrócona procedura obsługi i odczytu parametrów magazynu energii BAT:

- a) Przełączyć **wyłącznik bezpiecznikowy** (Air Breaker) znajdujący się na obudowie jednostki sterującej BMS w pozycję **WŁĄCZONY (ON)**.
- b) Nacisnąć i **przytrzymać przycisk zasilania (POWER) przez około 3 do 5 sekund**.

- c) Zwolnić przycisk po rozpoczęciu procedury startowej BMS (zasygnalizowanej zaświeceniem się diod wskaźnika). System przejdzie w stan autodiagnostyki, po czym uruchomi obwód wyjściowy DC.

Interpretacja diod BMS:



Pierwszy rząd diod od góry to wskaźnik poziomu naładowania (SOC LED): Rząd diod pokazujący aktualny stan naładowania pakietu akumulatorów (jedna dioda to 20% pojemności)

Dioda statusu (ALM) - 6 dioda od góry: Włącza się na czerwono podczas procesu inicjalizacji magazynu energii lub wystąpienia błędu. Podczas normalnej pracy jest nieaktywna

Dioda statusu (RUN) - 7 dioda od góry: Swieci niebieskim światłem, gdy magazyn energii pracuje prawidłowo i znajduje się w trybie czuwania lub normalnej pracy.

6.2. Scenariusz A: Uruchomienie przy prawidłowym naładowaniu magazynu energii (poziom akumulatora =>20%)

Jeżeli bank energii (BAT) posiada wystarczający poziom naładowania do przeprowadzenia szkolenia, należy wykonać następujące kroki:

1. **Włączyć bank energii BAT** i zweryfikować stan jego naładowania na wskaźniku.
2. Jeśli poziom naładowania jest prawidłowy:
 - **Włączyć falownik** (za pomocą dedykowanego wyłącznika na obudowie),
 - Oczekać do momentu, aż na urządzeniach FSU oraz PWF zapalą się **czerwone diody sygnalizacyjne**,

- Na kasecie sterowniczej **KF**, za pomocą **przycisku 2**, wybrać i ustawić żądany tryb pracy,
 - **Zamknąć (włączyć) rozłącznik K3.**
3. Stanowisko jest gotowe do pracy.

6.3. Scenariusz B: Uruchomienie przy niskim stanie naładowania (poziom akumulatora <20%) - Zasilanie z sieci AC

Jeżeli stan naładowania banku energii (BAT) jest zbyt niski, wymagane jest podłączenie zewnętrznego źródła zasilania AC w celu rozruchu i doładowania systemu.



BEZWZGLĘDNE WYMAGANIE BEZPIECZEŃSTWA:

Do gniazda zespolonego G1 wolno podłączyć wyłącznie **jeden** kabel zasilający.

Nigdy nie wolno podłączać jednocześnie kabla trójfazowego i jednofazowego!

Niezastosowanie się do tego zalecenia grozi zwarcieniem i zniszczeniem aparatury.

Instrukcja postępowania:

1. Przełącznik krzywkowy ustawić w pozycji 1.
2. Do gniazda zespolonego **G1** podłączyć kabel trójfazowy, a drugi koniec połączyć z siecią elektroenergetyczną AC.
3. Załączyć rozłącznik na gnieździe **G1** oraz zamknąć rozłącznik **K1**.
4. Włączyć **falownik**.
5. Włączyć **bank energii BAT** (rozpocznie się proces ładowania/stabilizacji).
6. Odczekać, aż na urządzeniach **FSU** oraz **PWF** zapalą się **czerwone diody sygnalizacyjne**.
7. Na kasecie sterowniczej **KF**, za pomocą **przycisku 2**, ustawić **Tryb 2**.
8. Rozłącznik **K3** ustawić w pozycji 1 (włączony).
9. Stanowisko jest gotowe do pracy.

Alternatywne zasilanie AC (brak sieci stacjonarnej)

W przypadku braku dostępu do stacjonarnej sieci elektroenergetycznej AC, jako źródło zasilania można zastosować **przenośną stację zasilania** Hinen PS3000 (generującą napięcie jednofazowe 230 V AC). Przenośna stacja zasilania nie ma możliwości ładowania banku energii **BAT**, umożliwia włączenie elektroniki i uruchomienie ładowania z energii słonecznej.

Instrukcja postępowania:

1. Stację należy podłączyć do gniazda jednofazowego w gnieździe zespolonym **G1**.
2. Przełącznik krzywkowy ustawić w pozycji **2**.
3. Załączyć rozłącznik na gnieździe **G1** oraz zamknąć rozłącznik **K1**.
4. Wyłącznik różnicowo-prądowy **FI** ustawić w pozycji zero (wyłączonej).
5. Rozłącznik zwierający **K2** ustawić w pozycji 1 (włączony).
6. Zabezpieczenie PowerStation **F7** ustawić w pozycji 1 (włączonej).
7. Włączyć **falownik**.
8. Włączyć **bank energii BAT**.
9. Odczekać, aż na urządzeniach **FSU** oraz **PWF** zapalą się **czerwone diody sygnalizacyjne**.
10. Na kasecie sterowniczej **KF** za pomocą **przycisku 2** ustawić **Tryb 2**.

11. Rozłącznik **K3** ustawić w pozycji 1 (włączony).
12. Na kasecie sterowniczej **KF**, za pomocą **przycisku 1**, ustawić **Tryb 1**.
13. Po wstępnym naładowaniu akumulatora na kasecie sterowniczej **KF**, za pomocą **przycisku 2**, ustawić **Tryb 2**.
14. Przełączyc krzywkowy ustawić w pozycji 1.
15. Odczekać, aż na urządzeniach **FSU** oraz **PWF** zapalą się **czerwone diody sygnalizacyjne**.
16. Stanowisko jest gotowe do pracy.

6.4. Czynności końcowe i weryfikacja

Po uruchomieniu stanowiska (niezależnie od wybranego scenariusza A lub B) należy:

1. Wybrać odpowiedni łańcuch paneli (string) fotowoltaicznych, postępując zgodnie z *Procedurą przelączania stringów* (patrz sekcja dalsza).
2. Sprawdzić poprawność wskazań wszystkich przyrządów pomiarowych na tablicy demonstracyjnej.
3. Ostatecznie zweryfikować lub zmienić tryb pracy instalacji (on-grid / off-grid / hybryda) za pomocą kasety sterowniczej **KF**.



UWAGA! Nie wolno otwierać gniazd bezpieczników fotowoltaicznych FF1 i FF2 w czasie włączonej instalacji.

6.5. Gniazdo trójfazowe G3

Obciążeniowe gniazdo G3 staje się dostępne po uruchomieniu falownika oraz ustawieniu zabezpieczenia nadprądowego F8 w pozycję włączoną (pozycja pierwsza). Gniazdo to jest przystosowane do maksymalnego poboru energii elektrycznej o mocy 10 kW, przy założeniu obciążenia rezystancyjnego oraz równego obciążenia faz. Należy pamiętać, że przy innym typie obciążenia maksymalna dostępna moc będzie niższa.

7. Procedura bezpiecznego wyłączenia stanowiska

Procedurę wyłączenia należy przeprowadzać z zachowaniem szczególnej ostrożności, aby nie dopuścić do powstania łuku elektrycznego na elementach łączeniowych DC.

7.1. Sekwencja wyłączenia krok po kroku

1. **Wyłączyć przełącznik (rozłącznik) DC na falowniku** – odcina to dopływ prądu stałego z modułów fotowoltaicznych do części roboczej falownika.
2. **Odczekać do momentu ustania przepływu prądu w łańcuchu (stringu)** – należy zweryfikować na przyrządach pomiarowych lub wskaźnikach, czy prąd DC spadł do wartości **0 A**.

3. **Odłączyć string zewnętrzny przy włączonym (zamkniętym) rozłączniku K3** – krok ten gwarantuje, że odłączenie obwodu następuje w stanie bezprądowym.
4. **Wyłączyć odpowiednie rozłączniki główne** – kolejno otworzyć (ustawić w pozycję OFF/0) rozłączniki:
 - **K3**
 - **K1**
 - **G1** (rozłącznik gniazda zespolonego)
5. **Wyłączyć bank energii BAT** – za pomocą wyłącznika głównego na magazynie energii.
6. **Odpiąć zasilanie zewnętrzne AC** – odłączyć fizycznie kable zasilające od gniazda zespolonego G1.

7.2. Stan bezpieczny (serwis / szkolenie)

Po zakończeniu powyższej procedury stanowisko znajduje się w stanie całkowitego odłączenia od źródeł zasilania (zarówno po stronie AC, jak i DC).

UWAGA!

Dopiero po pełnym wykonaniu kroków z sekcji 7.1 i upewnieniu się przyrządem pomiarowym o braku napięcia w obwodach, dopuszczalne jest **przewodzenie bezpiecznych prac serwisowych, konserwacyjnych lub wybranych ćwiczeń szkoleniowych** na podzespołach stanowiska.



8. Tryby pracy instalacji

TRYB 1 – PRACA INSTALACJI HYBRYDOWEJ PV W DZIEŃ

1. Procedura obsługi i techniczny przepływ energii

Wybór trybu następuje poprzez naciśnięcie przycisku 1 na kasecie KF.

Przepływ energii odbywa się od modułów fotowoltaicznych przez moduł redukcji napięcia FSU do falownika F.

Następnie energia z falownika może być:

- kierowana do magazynu energii BAT,
- pobierana z magazynu energii,
- przekazywana do gniazd G1, G2 oraz G3.

W przypadku niedoboru energii produkowanej przez instalację PV brakująca energia jest pobierana z sieci elektroenergetycznej.

2. Cel dydaktyczny i kontekst teoretyczny

Zademonstrowanie idealnego, modelowego dnia pracy nowoczesnego, prosumenckiego systemu hybrydowego. Tryb ten służy do wyjaśnienia pojęć takich jak: autokonsumpcja bieżąca, profil produkcji energii z PV względem zmiennego profilu zużycia oraz zarządzanie priorytetami zasilania przez inteligentny algorytm falownika. Falownik kieruje prąd w ściśle zdefiniowanej hierarchii: najpierw zasila gniazda (potrzeby własne), potem ładuje magazyn, a ewentualny nadmiar oddaje do sieci

krajowej. Nagłe zachmurzenie powoduje, że falownik wyrównuje brakującą moc, płynnie dobierając prąd z magazynu BAT, dzięki czemu zasilanie gniazd G2/G3 nie zostaje przerwane, a energia (w przypadku naładowanego magazynu) nie jest pobierana z sieci elektroenergetycznej.

3. Sygnalizacja i wizualizacja

Taśmy LED 1 oraz LED 2: Świecą jasnym kolorem czerwonym, ponieważ napięcie w obwodzie DC przekracza próg bezpieczny 50V.

Taśmy LED 3, 4, 5: Animacje świetlne poruszają się dynamicznie w kierunkach: od sekcji PV do falownika oraz od falownika do magazynu BAT i gniazd AC.

TRYB 2 – PRACA INSTALACJI HYBRYDOWEJ PV W NOCY

1. Procedura obsługi i techniczny przepływ energii

Wybór trybu następuje poprzez naciśnięcie przycisku 2 na kasecie KF.

Jest to tryb pracy hybrydowy z odłączonym stringiem fotowoltaicznym.

Przepływ energii odbywa się:

- z magazynu energii BAT (jeżeli jest naładowany),
- poprzez falownik F,
- do gniazd obciążenia G2 oraz G3.

W przypadku niewystarczającej energii w magazynie brakująca energia jest pobierana z sieci elektroenergetycznej.

2. Cel dydaktyczny i kontekst teoretyczny

Zademonstrowanie funkcjonowania instalacji po zmierzchu lub przy całkowitym braku promieniowania słonecznego. Cel szkoleniowy to zrozumienie roli magazynu energii jako bufora stabilizującego autonomiczne zasilanie obiektu oraz pojęcia stanu naładowania akumulatora (SoC – State of Charge). Pokazuje, jak system hybrydowy płynnie i bezprzerwowo potrafi przełączać się między zasilaniem z baterii a zasilaniem z sieci zawodowej (Bypass), gdy zasoby akumulatora się wyczerpią. Gdy magazyn energii osiągnie dolną, krytyczną granicę rozładowania, falownik automatycznie przełącza zasilanie gniazd G2 i G3 na sztywno do sieci zewnętrznej AC, chroniąc ogniwa przed uszkodzeniem i przechodząc w stan ładowania konserwacyjnego.

3. Sygnalizacja i wizualizacja

Taśmy LED 1 oraz LED 2: Świecą kolorem zielonym, ponieważ stringi są odłączone, a napięcie w obwodzie DC wynosi poniżej 50V (stan bezpieczny). Na połączeniach pomiędzy FSU a Falownikiem może chwilowo pojawiać się napięcie wyższe niż bezpieczne. Występuje tu zjawisko rozładowującej się pojemności wejściowej falownika lub próbkiowanie falownika podczas pomiarów bezpieczeństwa jakie wykonuje.

Taśma LED 3 oraz LED 5: Pokazują stały ruch energii z akumulatora BAT do falownika oraz z falownika do gniazd obciążenia.

TRYB 3 – PRACA INSTALACJI PV PODŁĄCZONEJ DO SIECI ENERGETYCZNEJ (ON GRID)

1. Procedura obsługi i techniczny przepływ energii

Wybór trybu następuje poprzez naciśnięcie przycisku 3 na kasecie KF.

Ten tryb pokazuje pracę instalacji z falownikiem standardowym (niehybrydowym).

Przepływ energii odbywa się:

- ze stringu fotowoltaicznego,
- przez moduł redukcji napięcia FSU,
- do falownika F.

Gniazda G2 oraz G3 zasilane są energią pobieraną z magazynu energii.

2. Cel dydaktyczny i kontekst teoretyczny

Prezentacja działania klasycznej, najprostszej instalacji sieciowej typu on-grid bez funkcji zasilania awaryjnego. Głównym celem edukacyjnym jest uświadomienie kursantom zabezpieczenia antywyspowego. Falownik on-grid nie analizuje potrzeb budynku ani stanu baterii stanowiska – jego jedynym zadaniem jest ciągle oddawanie 100% wyprodukowanej mocy prosto do sieci elektroenergetycznej. Podczas odłączenia zasilania z sieci energetycznej inwerter wyłącza się, zaprzestaje podawanie napięcia na sieć AC.

3. Sygnalizacja i wizualizacja

Taśmy LED 1 oraz LED 2: Świecą na czerwono (napięcie DC > 50V).

Taśma LED 4: Wyraźnie pokazuje ruch energii z falownika prosto w kierunku przyłącza sieciowego G1.

TRYB 4 – PRACA INSTALACJI PV NIEPODŁĄCZONEJ DO SIECI ENERGETYCZNEJ (OFF GRID)

1. Procedura obsługi i techniczny przepływ energii

Wybór trybu następuje poprzez naciśnięcie przycisku 4 na kasecie KF.

W tym trybie zasilanie AC z sieci zewnętrznej jest odłączone, a string fotowoltaiczny zostaje odcięty od układu za pomocą stycznika DC.

Magazyn energii BAT oddaje energię:

- poprzez falownik F,
- do gniazd G2 oraz G3.

2. Cel dydaktyczny i kontekst teoretyczny

Zrozumienie fizyki i logiki działania systemów w pełni autonomicznych (wyspowych). Tryb ten uczy bilansowania energetycznego, zarządzania ograniczonymi zasobami energii oraz pokazuje zachowanie falownika jako jedynego, samodzielnego źródła referencyjnego napięcia i częstotliwości (230V, 50Hz) w zamkniętym obwodzie podczas całkowitego blackoutu sieci miejskiej lub pracy w szczerym polu. Należy pamiętać, że urządzenia indukcyjne przy uruchamianiu powodują gwałtowny skok wartości prądu rozruchowego, po czym następuje wyłączenie awaryjne instalacji (overload).

3. Sygnalizacja i wizualizacja

Taśmy LED 1 oraz LED 2: Świecą na zielono (obwód paneli odcięty, bezpieczny – napięcie DC < 50V).

Taśma LED 3 oraz LED 5: Dynamicznie pulsują, pokazując oddawanie energii z magazynu BAT bezpośrednio na gniazda odbiorcze LOAD.

TRYB 5 – WŁĄCZNIK/WYŁĄCZNIK ZASILANIA DO GNIAZDA 230V

1. Procedura obsługi i techniczny przepływ energii

Wybór trybu następuje poprzez naciśnięcie przycisku 5 na kasecie KF.

Tryb ten aktywuje gniazda wyjściowe G2 oraz G3.

Przed fizycznym poborem energii z tych gniazd należy najpierw aktywować wyjścia AC poprzez naciśnięcie powyższego przycisku.

2. Cel dydaktyczny i kontekst teoretyczny

Omówienie procedur bezpieczeństwa oraz ochrony przed przypadkowym porażeniem prądem przemiennym AC.

TRYB 6 – WYŁĄCZNIK SYGNALIZACJI LEDOWEJ TRYBÓW PRACY (ON GRID, OFF GRID, HYBRYDA)

1. Procedura obsługi i techniczny przepływ energii

Wybór trybu następuje poprzez naciśnięcie przycisku 6 na kasecie KF.

Tryb ten służy do wyłączenia sygnalizacji ledowej trybów pracy ON GRID, OFF GRID, HYBRYDA.

W tym trybie: stycznik AC zostaje rozłączony, a taśmy LED3, LED4 oraz LED5 zostają dezaktywowane.

Ze względów bezpieczeństwa: wyświetlacze pomiarowe pozostają aktywne, a taśmy LED1 oraz LED2 pozostają włączone, aby umożliwić obserwację napięcia w obwodzie DC.

2. Cel dydaktyczny i kontekst teoretyczny

Wyłączenie ledowej sygnalizacji przepływu prądu. Pozostawienie pomiarów elektrycznych stringu DC.

9. Przełączanie stringów fotowoltaicznych DC

9.1. Zasada działania i blokada elektryczna

Mobilne stanowisko dydaktyczne zostało zaprojektowane w sposób umożliwiający obsługę **tylko jednego łańcucha (stringu) fotowoltaicznego w danym czasie**. Przełączanie układu pomiarowo-robotycznego odbywa się pomiędzy sekcją paneli zintegrowanych z kontenerem a zewnętrznym polem modułów PV.

Do zarządzania wyborem źródła DC służy rozłącznik K3:

- **STRING WBUDOWANY W KONTENER**
 - Stan aktywny: rozłącznik **K3 włączony (pozycja ON / 1)**.
 - Włączenie rozłącznika K3 uruchamia automatyczną blokadę, która uniemożliwia fizyczne/elektryczne załączenie stringu zewnętrznego do obwodu falownika.
- **STRING ZEWNĘTRZNY**
 - Stan aktywny: rozłącznik **K3 wyłączony (pozycja OFF / 0)**.



BEZPIECZEŃSTWO ŁĄCZENIA DC: Podłączanie oraz odłączanie przewodów stringu zewnętrznego do dedykowanych gniazd MC4 wolno wykonywać tylko przy załączonym rozłączniku K3. Gwarantuje to, że gniazda przyłączeniowe MC4 w momencie wpinania/wypinania kabli pozostają w stanie bezprądowym.

9.2. Procedura przełączania stringów krok po kroku

W celu bezpiecznej zmiany aktywnego źródła zasilania DC (ze stringu wbudowanego na zewnętrzny lub odwrotnie), należy bezwzględnie wykonać poniższą sekwencję czynności:

1. **Wyłączyć przełącznik (rozłącznik) DC na falowniku** – krok ten odcina obciążenie i pozwala na bezpieczną pracę na aparatury rozdzielczej.
2. **Wykonać przełączenie za pomocą rozłącznika K3** w zależności od pożądanego celu:
 - **Włączenie stringu wbudowanego:** Zamknąć (włączyć) rozłącznik **K3**.
 - **Włączenie stringu zewnętrznego:** Otworzyć (wyłączyć) rozłącznik **K3**.
3. **Włączyć przełącznik (rozłącznik) DC na falowniku** w celu przywrócenia zasilania na wejście robocze inwertera.



UWAGA!

Niedopuszczalne jest **jednoczesne włączenie dwóch stringów DC** (stringu wbudowanego w kontener oraz stringu zewnętrznego). Może to doprowadzić do nieprawidłowej pracy instalacji, przepływu prądów wyrównawczych lub uszkodzenia elementów systemu.



UWAGA! String zewnętrzny podłączać i odłączać do gniazd MC4 tylko przy załączonym rozłączniku K3.

10. Procedura transportu kontenera

Transport mobilnego stanowiska dydaktycznego może być realizowany wyłącznie przez odpowiednio przeszkolony personel, przy użyciu dedykowanych środków transportu kołowego.

10.1. Wymagania techniczne dotyczące pojazdu

1. Transport stanowiska należy wykonywać wyłącznie **pojazdem ciężarowym wyposażonym w hydrauliczny system hakowy (hakowiec)**, dostosowanym udźwigniem do masy całkowitej kontenera.
2. Mechanizm hakowy oraz rolki jezdne pojazdu muszą być w pełni sprawne technicznie i poddawane regularnym przeglądom dozorowym.

10.2. Czynności przygotowawcze przed załadunkiem i transportem

Przed podjęciem kontenera przez ramię hakowca należy bezwzględnie przeprowadzić następującą procedurę przygotowawczą:

1. **Całkowite wyłączenie instalacji:** Wyłączyć i odbezpieczyć system PV zgodnie ze ścisłą procedurą opisaną w **punkcie 7** (*Procedura Bezpiecznego Wyłączenia Stanowiska*).
2. **Odłączenie zasilania i mediów:** Odpiąć wszelkie zewnętrzne przewody zasilające AC (zarówno od sieci, jak i ewentualnych stacji przenośnych) od gniazda zespolonego G1.
3. **Złożenie i zabezpieczenie paneli bocznych:** * Opuścić boczne klapy z modułami fotowoltaicznymi za pomocą siłowników do pozycji pionowej (transportowej).
 - **Bezwzględnie zaryglować i zablokować klapy** za pomocą dedykowanych zamków/rygli mechanicznych, aby zapobiec ich przypadkowemu otwarciu w trakcie jazdy.
4. **Zabezpieczenie elementów ruchomych we wnętrzu:**
 - Zweryfikować wnętrze kontenera pod kątem luźnych przedmiotów.
 - Użyć wewnętrznych uchwytów i pasów transportowych do sztywnego zablokowania wanny wychwytowej, przenośnej stacji zasilającej, wymiennego zestawu paneli oraz wyposażenia PPOŻ.
5. **Zamknięcie kontenera:** Zamknąć i zabezpieczyć (zamknąć na klucz) drzwi wejściowe do kontenera. Sprawdzić prawidłowość zamocowania drabiny zewnętrznej.

10.3. Załadunek i przejazd

1. Podczas wciągania kontenera na pojazd, w strefie pracy ramienia hakowego nie mogą przebywać osoby postronne.
2. Po wciągnięciu kontenera na ramę pojazdu kierowca ma obowiązek **załączyć hydrauliczną blokadę ryglowania ramy kontenera** (zamki podwozia).
3. Przejazd należy realizować zgodnie z przepisami prawa o ruchu drogowym, zwracając szczególną uwagę na gabaryty (wysokość) pojazdu z załadowanym kontenerem.

11. Wytyczne dotyczące posadowienia kontenera

Prawidłowe przygotowanie podłoża oraz zachowanie odpowiednich stref ochronnych jest warunkiem koniecznym do bezpiecznego użytkowania mobilnego stanowiska oraz bezawaryjnej pracy mechanizmów ruchomych.

11.1. Wymagania dotyczące podłoża

Stabilność i nośność: Kontener należy posadzić na gruncie zapewniającym stabilne i bezpieczne ustawienie, wykluczającym ryzyko osiadania punktowego elementów podparcia kontenera pod jego pełnym ciężarem.

Nawierzchnia: Wykonanie stałej nawierzchni utwardzonej (np. wylewki betonowej, asfaltu) nie jest wymagane. Dopuszcza się posadowienie bezpośrednio na gruncie naturalnym, o ile spełnia on warunki stabilności.

Wzmocnienie podłoża: W przypadku lokalizacji na gruntach o niskiej lub niepewnej nośności (np. grunt piaszczysty, rozmiękły, trawiasty po opadach), należy bezwzględnie zastosować lokalne podkłady stabilizujące. Jako elementy rozkładające ciężar na większą powierzchnię zaleca się użycie:

- Betonowych płyt drogowych (np. płyt MON),
- Prefabrykatów betonowych,
- Innych atestowanych podkładów o wysokiej wytrzymałości.

11.2. Poziomowanie konstrukcji

Podłoże w miejscu docelowym musi być wypoziomowane w stopniu, który gwarantuje ustawienie kontenera w ścisłej pozycji poziomej.

Niedopuszczalne są widoczne przechyły ani naprężenia podłoża, które mogłyby prowadzić do odkształceń ramy stalowej kontenera. Prawidłowe wypoziomowanie jest kluczowe dla właściwego funkcjonowania drzwi wejściowych oraz układu siłowników klap bocznych.

11.3. Strefy bezpiecznej obsługi (minimalna przestrzeń operacyjna)

W celu umożliwienia pełnego i bezpiecznego rozłożenia ruchomych klap z modułami fotowoltaicznymi, swobodnego dostępu do drabiny zewnętrznej, drzwi wejściowych oraz prowadzenia działań szkoleniowo-dydaktycznych (w tym ćwiczeń PPOŻ), **minimalna wolna przestrzeń wokół kontenera musi wynosić 3 metry z każdej strony.**

W strefie tej nie mogą znajdować się żadne stałe przeszkody architektoniczne, drzewa, linie napowietrzne ani inne pojazdy.

12. Uziemienie kontenera

Lokalną szynę wyrównawczą kontenera należy połączyć z układem uziemiającym obiektu, przy którym zlokalizowany będzie kontener. Połączenie należy wykonać przewodem Cu 1×10 mm² i zakończyć na głównej szynie uziemiającej budynku (GSU) lub na uziomie otokowym obiektu.

W przypadku braku dostępnego uziomu obiektu należy wykonać uziom pionowy lub system uziomów pionowych połączonych z lokalną szyną wyrównawczą kontenera.

Uziom należy wykonać w postaci prętów stalowych ocynkowanych lub miedziowanych wbijanych w grunt.

Rezystancja uziemienia instalacji nie może przekraczać 10Ω.

Po wykonaniu instalacji należy przeprowadzić pomiar rezystancji uziemienia oraz sporządzić protokół pomiarów potwierdzający spełnienie powyższego wymagania.

13. Ogólne zasady bezpieczeństwa i wymagania BHP

Niezastosowanie się do poniższych wytycznych stwarza bezpośrednie zagrożenie zdrowia i życia ludzi (ryzyko porażenia prądem elektrycznym, powstania pożaru lub poparzenia łukiem elektrycznym) oraz grozi bezpowrotnym uszkodzeniem aparatury dydaktycznej.

13.1. Kwalifikacje i uprawnienia personelu

Mobilne stanowisko szkoleniowe może być obsługiwane, załączane i nadzorowane wyłącznie przez osoby, które spełniają łącznie następujące wymagania:

1. Posiadają aktualne uprawnienia kwalifikacyjne **szarych organizacji certyfikujących (np. SEP, SPE)** w zakresie eksploatacji (E) i/lub dozoru (D) urządzeń, instalacji i sieci elektroenergetycznych wytwarzających, przetwarzających, przesyłających i zużywających energię elektryczną.

13.2. Bezwzględne zakazy eksploatacyjne

W celu zapewnienia ochrony życia i zdrowia kursantów oraz instruktorów, na stanowisku wprowadza się bezwzględny zakaz:

- **Dotykania elementów instalacji znajdujących się pod napięciem** – dotyczy to zarówno obwodów prądu przemiennego (AC), jak i obwodów prądu stałego (DC), gdzie napięcie na stringach fotowoltaicznych generowane jest samoistnie pod wpływem światła.
- **Samodzielnego ingerowania w instalację elektryczną** – zabrania się dokonywania jakichkolwiek modyfikacji w okablowaniu, mostkowania zabezpieczeń, zmian w nastawach aparatów ochronnych lub dokonywania napraw przez osoby do tego nieupoważnione.

- Prowadzenia jakichkolwiek zajęć szkoleniowych oraz prac serwisowych podczas burzy – występuje wówczas skrajne ryzyko wyładowań atmosferycznych i przepięć.
- Prowadzenia szkolenia na otwartej przestrzeni podczas intensywnych opadów atmosferycznych (deszcz, grad, śnieżyca) – wilgoć drastycznie obniża rezystancję izolacji i zwiększa ryzyko porażenia.

14. Symulacja łuku elektrycznego

Stanowisko umożliwia symulację łuku elektrycznego w instalacji DC. Symulacja może być wykonana tylko przez osobę przeszkoloną.

Podczas symulacji należy:

- zachować bezpieczną odległość,
- stosować środki ochrony indywidualnej.

Do wywoływania łuku elektrycznego służy iskrownik. Iskrownik jest to przyrząd składający się ze stelaża wykonanego z materiału nieprzewodzącego, elektrod i śruby regulującej szczelinę między elektrodami.

Wywołanie iskrzenia:

1. Wyczyścić powierzchnie stykowe elektrod
2. Rozsunąć elektrody na odległość ok. 2 cm
3. Podłączyć jeden panel PV poprzez złącza MC4
4. Zamknąć obwód zwierając elektrody
5. Rozsuwać elektrody aż powstanie łuk

Przerwanie iskrzenia, zakończenie pracy iskrownika:

1. Rozsuwać elektrody aż do zaniku łuku
2. Po zaniku łuku odłączyć przewody od panelu PV



UWAGA!

Nie wolno podłączać iskrownika do magazynu energii ani do instalacji PV.

15. Postępowanie w przypadku awarii

W przypadku wystąpienia awarii należy:

1. Wyłączyć falownik.
2. Wyłączyć bank energii BAT.
3. Odłączyć instalację od sieci.
4. Zabezpieczyć stanowisko.

16. Konserwacja instalacji

Regularnie należy wykonywać:

- kontrolę paneli fotowoltaicznych,
- kontrolę mocowania klem,
- kontrolę przewodów,
- kontrolę złączy MC4,
- kontrolę zabezpieczeń elektrycznych,
- kontrolę działania sygnalizacji.