



Rodzina inwerterów typu **PS300**

przeznaczonych dla odnawialnych
źródeł energii elektrycznej
(elektrownie wiatrowe,
wodne i słoneczne)

moce: **3 kW, 5 kW, 8 kW, 10 kW**

Instrukcja obsługi

Edycja 1.4

Spis treści

1. Opis ogólny.....	4
2. Zasady bezpiecznego użytkowania.....	5
2.1. Zagrożenia i ostrzeżenia.....	5
2.2. Zasady podstawowe.....	5
2.3. Ochrona przeciwporażeniowa.....	6
2.4. Lista czynności do wykonania po otrzymaniu inwertera.....	6
2.5. Warunki środowiskowe.....	6
2.6. Postępowanie z odpadami.....	6
3. Dane techniczne.....	7
3.1. Dane znamionowe.....	7
3.2. Wymiary mechaniczne oraz waga.....	8
3.3. Widok inwertera od strony złącz.....	9
4. Przygotowanie do instalacji.....	10
4.1. Wybór miejsca montażu inwertera.....	10
4.2. Warunki środowiskowe.....	10
4.3. Chłodzenie.....	10
4.4. Montaż.....	10
4.5. Listwa obwodu mocy.....	11
5. Instalacja inwertera do pracy w trybie ON-GRID.....	12
5.1. Inwerter z wejściem generatora synchronicznego.....	13
5.2. Inwerter z wejściem paneli fotowoltaicznych PV.....	14
5.3. Inwerter hybrydowy z wejściem generatora synchronicznego i paneli fotowoltaicznych PV.....	15
6. Obsługa panelu operatorskiego.....	16
7. Rozpoczęcie pracy.....	17
7.1. Polecenie Start/Stop.....	17
7.2. Rezystory hamujące.....	18
7.3. Przebieg wewnętrznego procesu załączania inwertera w trybie on-grid.....	18
7.4. Przebieg wewnętrznego procesu załączania inwertera w trybie off-grid.....	18
8. Ustawienie zegara.....	19
9. Wejścia i wyjścia cyfrowe.....	19
9.1. Sterowanie obciążeniem.....	20
9.2. Obsługa wiatromierza.....	21
10. Ustawienie parametrów komunikacyjnych urządzenia.....	21
10.1. Podłączenie urządzenia do sieci lokalnej.....	22
11. Wykresy.....	22
12. Parametry konfiguracyjne.....	22
GRUPA 0 (ogólnodostępna, tylko do odczytu) - stan urządzenia.....	22
GRUPA 1 (serwisowa, zabezpieczona hasłem) – moduł sieciowy.....	24
13. Awarie.....	29
14. Oznaczenia kodowe do zamówień.....	32
15. Warunki gwarancji.....	32
16. Deklaracja zgodności UE.....	33

1. Opis ogólny

Rodzina trójfazowych, wysokosprawnych i beztransformatorowych inwerterów typu PS300 przeznaczona jest do współpracy z małymi elektrowniami wiatrowymi, wodnymi oraz fotowoltaicznymi. Inwertery te umożliwiają przesyłanie energii uzyskanej z elektrowni do jednofazowej sieci energetycznej - układy „on-grid”. Inwertery działają w pełni autonomicznie. Po zainstalowaniu przez osobę uprawnioną, rola użytkownika sprowadza się jedynie do systematycznej kontroli stanu urządzenia (wystąpienie awarii, zalanie wodą, itp.).

Panele fotowoltaiczne obciążane są na podstawie nadążnego algorytmu MPPT (Maximum Power Point Tracking) natomiast dla generatorów synchronicznych należy wprowadzić 16-punktową charakterystykę prądu wejściowego generatora w funkcji jego częstotliwości. Ponadto sterowanie obciążeniem generatora synchronicznego może odbywać się poprzez bezpośrednie zadawanie prądu obciążenia za pomocą protokołu komunikacyjnego MODBUS (RTU, TCP/IP). Każdy z tych algorytmów ma na celu optymalne wykorzystanie odnawialnego źródła energii elektrycznej (OZE).

Wykorzystując protokół komunikacyjny MODBUS można odczytać z układu informacje dotyczące:

- aktualnych napięć i prądów wejściowych i wyjściowych inwertera,
- aktualnej mocy wyjściowej (odbiorniki użytku domowego lub sieć elektryczna),
- energii oddanej w ciągu ostatniej doby,
- informację o występujących awariach.

Układ wyposażony jest w rozbudowany układ diagnostyki oraz blokad i zabezpieczeń chroniący inwerter i użytkownika. Posiada zabezpieczenia:

- od strony sieci zasilającej:
 - ochrona przed niewłaściwymi parametrami sieci zasilającej: napięcie, częstotliwość,
 - zabezpieczenie przed pracą wyspową off-grid (odłączenie przekaźnikami od sieci w przypadku jej zaniku);
- od strony generatora: nadnapięciowe, nadprądowe, przed rozbieganiem się generatora;
- od strony PV: nadnapięciowe, nadprądowe;
- przed zbyt wysoką temperaturą radiatora inwertera;

Ograniczenie odpowiedzialności

Pomimo dołożenia wszelkich starań oraz zachowania należytej staranności Zakład Energoelektroniki TWERD nie gwarantuje, że publikowane dane są wolne od błędów. W razie jakichkolwiek wątpliwości lub chęci uzyskania dodatkowych informacji prosimy o kontakt. Wszystkie użyte znaki towarowe są własnością ich prawnych właścicieli.

2. Zasady bezpiecznego użytkowania

Przed przystąpieniem do montażu i rozpoczęciem pracy z urządzeniem należy obowiązkowo zapoznać się z niniejszym opisem. Nieznajomość informacji w nim zawartych może spowodować zagrożenie życia, zdrowia ludzkiego bądź też nieodwracalne uszkodzenie urządzenia.



ZAGROŻENIE PORAŻENIEM
PRĄDEM ELEKTRYCZNYM!



GORĄCA POWIERZCHNIA!

2.1. Zagrożenia i ostrzeżenia

- Niewłaściwa instalacja lub użytkowanie urządzenia może spowodować zagrożenie życia, zdrowia ludzkiego bądź też nieodwracalne uszkodzenie urządzenia.
- Niektóre elementy obudowy, w tym radiator, w czasie normalnej pracy mogą nagrząć się do temperatury powyżej 80 °C – istnieje ryzyko poparzenia.
- Instalacji, obsługi, konserwacji i napraw urządzenia może dokonywać wyłącznie odpowiednio przeszkolony oraz posiadający wymagane uprawnienia personel.
- Przed włączeniem urządzenia należy upewnić się, że zostało ono prawidłowo zainstalowane i zostały założone wszystkie elementy obudowy.
- Po dołączeniu urządzenia do napięcia zasilającego, wewnętrzne elementy układu (oprócz zacisków sterujących – rys. 9.1 na str. 19) znajdują się na potencjale sieci. Dotknięcie tych elementów grozi porażeniem prądem elektrycznym.
- Napięcie na kondensatorach obwodu pośredniczącego może być przyczyną porażenia prądem elektrycznym. Utrzymuje się ono przez 5 minut po odłączeniu napięcia zasilającego.
- Nie wolno dokonywać żadnych zmian podłączeń, gdy urządzenie jest dołączone do napięcia zasilającego.
- Przed przystąpieniem do prac przy urządzeniu należy odłączyć wszystkie źródła napięcia zasilającego i upewnić się, że na zaciskach łączeniowych nie występuje niebezpieczne napięcie.
- Z powodu zastosowania beztransformatorowej topologii ładowarki, a co za tym idzie podłączenia ujemnego bieguna baterii akumulatorów do obwodu pośredniczącego inwertera, na zaciskach baterii akumulatorów znajduje się niebezpieczne dla życia i zdrowia napięcie elektryczne. Zabrania się dotykania zacisków baterii akumulatorów, ponieważ grozi to porażeniem prądem elektrycznym!

2.2. Zasady podstawowe

- Nie wolno załączać inwertera mającego współpracować z generatorem synchronicznym (wersje WT oraz H) bez rezystorów obciążenia, ponieważ może to doprowadzić do rozbiegania się turbiny, a w konsekwencji uszkodzeń za które producent nie odpowiada.
- Nie dokonywać żadnych podłączeń, kiedy do inwertera jest doprowadzone napięcie elektryczne: od strony sieci elektrycznej, paneli fotowoltaicznych, generatora turbiny wiatrowej, baterii akumulatorów.
- Nie mierzyć wytrzymałości napięciowej żadnego z elementów urządzenia.
- Przed dokonywaniem pomiarów izolacji kabli należy je odłączyć od urządzenia.
- Nie dotykać układów scalonych nawet przy wyłączonym urządzeniu, gdyż wyładowania statyczne mogą je uszkodzić.
- Upewnić się, czy do kabli nie są przyłączone żadne inne elementy pasywne, takie jak rezystory, kondensatory, cewki.
- Nie dokonywać samodzielnych napraw urządzenia. Wszelkie naprawy mogą być jedynie wykonywane przez autoryzowany serwis producenta. Stwierdzenie prób napraw skutkuje utratą gwarancji.
- Po zdemontowaniu przedniej pokrywy inwertera uzyskuje się dostęp do przycisków panelu

operatorskiego oraz równocześnie do elementów będących, w warunkach normalnej pracy inwertera, pod napięciem elektrycznym niebezpiecznym dla życia i zdrowia (części czynne).

UWAGA: Należy zachować szczególną ostrożność ze względu na możliwość porażenia elektrycznego. Demontażu przedniej pokrywy inwertera (gdy do urządzenia jest doprowadzone napięcie elektryczne zarówno od strony sieci jak i generatora) i zmiany nastaw może dokonywać jedynie osoba posiadająca odpowiednie uprawnienia elektryczne.

- Okresowo należy kontrolować:
 - Połączenie przewodów ochronnych,
 - Okablowanie (poprawność połączeń, izolacja),
 - Czy do wnętrza układu nie dostała się woda,
 - Stopień zanieczyszczenia radiatora.

2.3. Ochrona przeciwporażeniowa

Przewód ochronny należy podłączyć do zacisku PE na listwie mocy inwertera.

Układ posiada wbudowane zabezpieczenie przed skutkami doziemienia, ale zabezpiecza ono jedynie układ i nie zabezpiecza użytkownika przed porażeniem elektrycznym.

2.4. Lista czynności do wykonania po otrzymaniu inwertera

- Po rozpakowaniu wizualnie sprawdzić czy urządzenie podczas transportu nie zostało uszkodzone.
- Sprawdzić czy dostawa jest zgodna z zamówieniem – sprawdzić tabliczkę znamionową urządzenia.
- Sprawdzić czy środowisko zainstalowania odpowiada środowisku pracy urządzenia.
- Instalację urządzenia przeprowadzić zgodnie z niniejszą instrukcją z zastosowaniem zasad bezpieczeństwa i zasad EMC.

2.5. Warunki środowiskowe

a. Stopień zanieczyszczenia

Podczas projektowania przyjęto 2 stopień zanieczyszczenia, w którym normalnie występują tylko nieprzewodzące zanieczyszczenia. Jednak sporadycznie spodziewane jest czasowe przewodnictwo wywołane kondensacją, kiedy urządzenie nie pracuje.

Jeśli środowisko pracy urządzenia zawierać będzie zanieczyszczenia, które mogą wpływać na bezpieczeństwo działania urządzenia, instalujący musi podjąć właściwe przeciwdziałanie, stosując na przykład dodatkowe obudowy, kanały powietrzne, filtry itp.

b. Warunki klimatyczne

Tabela 2.1. Warunki zainstalowania, składowania oraz transportu

	Miejsce zainstalowania	Podczas składowania	W czasie transportu
Temperatura	-10°C..+40°C dla 100%ln	-25°C do +55°C	-25°C do +70°C
		W opakowaniu ochronnym	
Wilgotność względna	Od 5% do 95%	Od 5% do 95%	Max 95%
	Nieznaczna, krótkotrwała kondensacja może występować okresowo na zewnątrz obudowy tylko wtedy kiedy przemiennik nie pracuje.		
Ciśnienie powietrza	86kPa..106kPa	86kPa..106kPa	70kPa..106kPa

2.6. Postępowanie z odpadami

Sprzętu zawierającego podzespoły elektryczne i elektroniczne nie można usuwać do pojemników na odpady komunalne. Sprzęt taki należy oddzielić od innych odpadów i dołączyć do odpadów elektrycznych oraz elektronicznych, zgodnie z obowiązującymi przepisami lokalnymi.



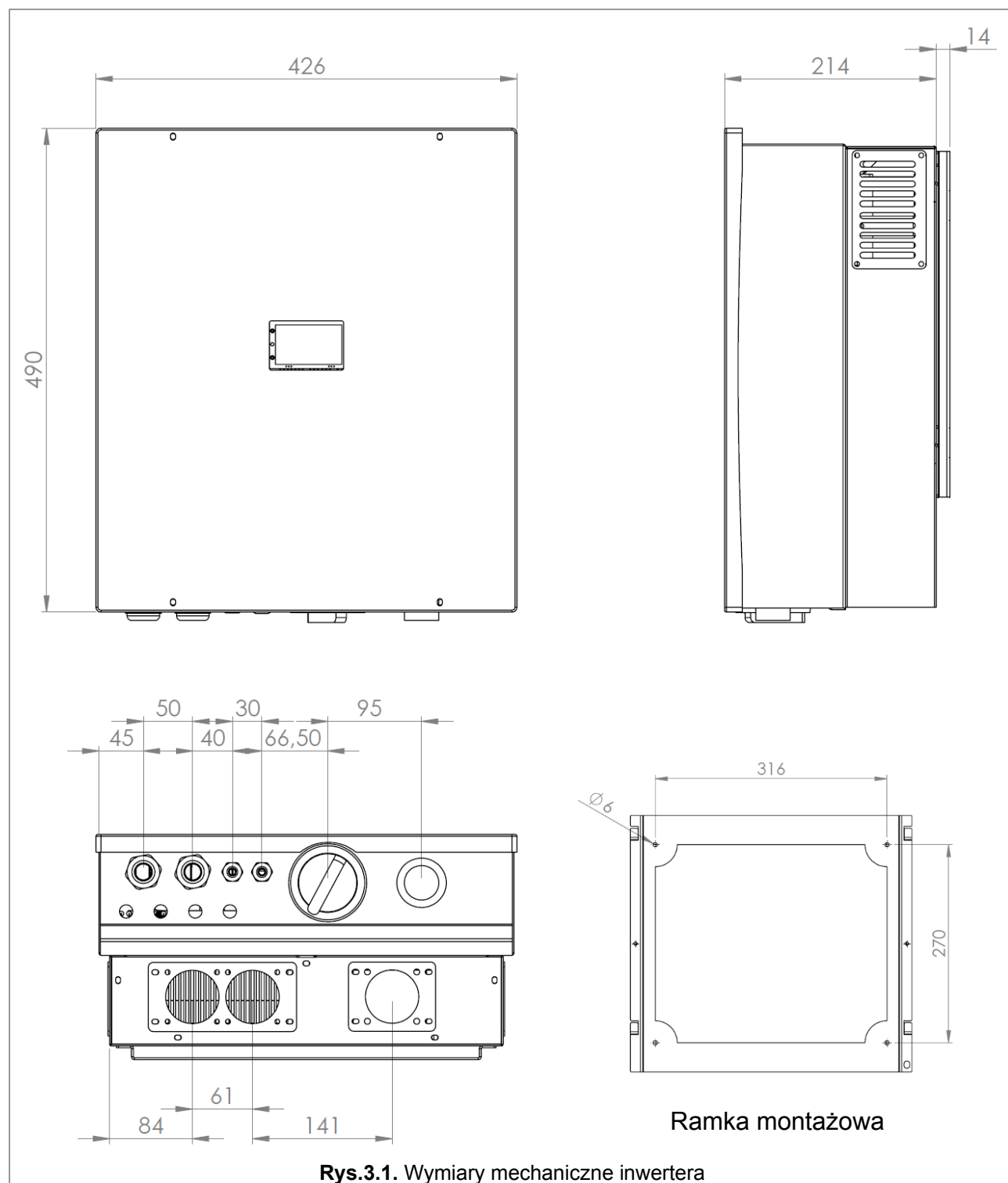
3. Dane techniczne

3.1. Dane znamionowe

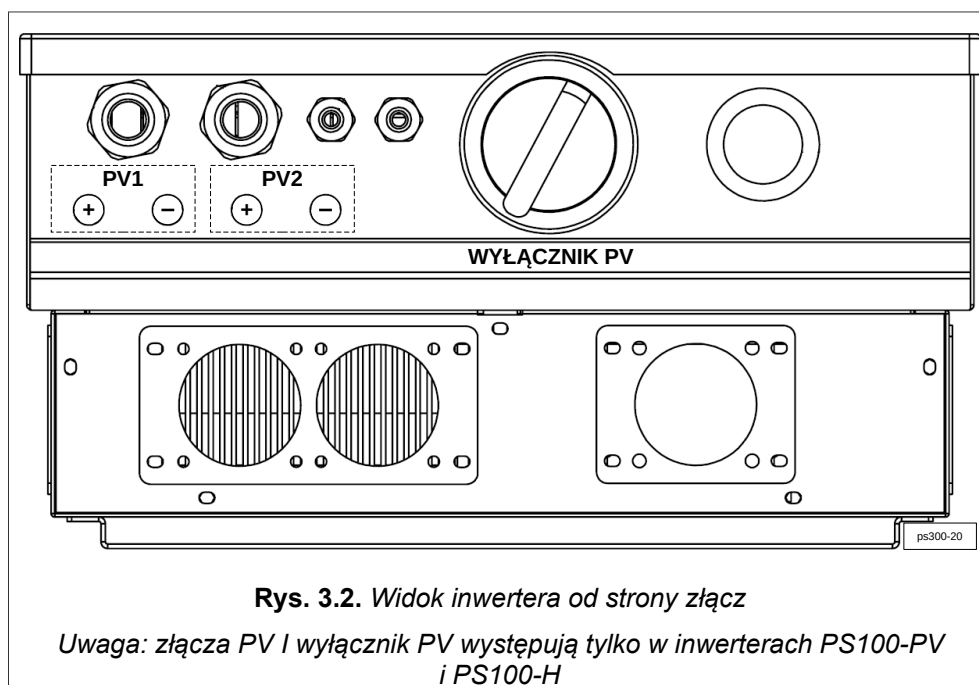
Tabela 3.1. Dane znamionowe inwerterów PS300

Lp.	Typ			PS300			
				3 kW	5 kW	8 kW	10 kW
	Wielkość	Symb.	Jedn.				
1	Roboczy zakres napięć od strony generatora	U _{gen}	V	3 x 60..425 V _{AC}			
2	Znamionowe napięcie od strony generatora	U _{gen-n}	V	3 x 400 V _{AC}			
3	Maksymalny prąd wejściowy od strony generatora	I _{gen-max}	A	13 A	13 A	13 A	20 A
4	Zakres napięć od strony PV	U _{pv}	V	60..900 V _{DC}			
5	Zakres napięć MPPT	U _{MPPT}	V	80 V _{DC} - 850 V _{DC}			
6	Maksymalny prąd paneli PV	I _{pv-max}	A	13 A	2 x 13 A	2 x 13 A	2 x 13 A
7	Rodzaj złącza PV	-	-	MC4			
8	Sprawność (przy znamionowej mocy wyjściowej)	η	%	95 %			
9	Nominalna moc wyjściowa AC	P _n	kW	3 kW	5 kW	8 kW	10 kW
10	Napięcie wyjściowe (od strony sieci elektroenergetycznej)	U _{out}	V	3 x 400 V, 50 Hz			
11	Prąd wyjściowy maksymalny	I _{out}	A	4,5	7,5	12,0	14,5
12	THD prądu		%	< 3			
13	Częstotliwość nośna	f _{sw}	kHz	16			
14	Maksymalna temp. radiatora	Trad-max	°C	85			
15	Komunikacja	-	-	Ethernet, RS-485			
16	Wejścia cyfrowe	DI1..DI5	szt.	5			
17	Wyjścia przekaźnikowe: 2 styki NO, 2A 230V AC 1 styk przełączalny, 2A 230V AC	K2, K3 K1	szt.	3			
18	Zabezpieczenia:	<ul style="list-style-type: none"> - Przed rozbieganiem się generatora, - Przed zbyt wysoką temperaturą inwertera, - Układ monitorujący parametry sieci elektroenergetycznej. 					
19	MPPT:	<ul style="list-style-type: none"> • Wejście generatora synchronicznego (AC): charakterystyka $I_{gen}=f(f_{gen})$ definiowana przez użytkownika. • Wejście PV (DC): układ śledzenia globalnego MPPT 					
20	Pobór mocy w stanie czuwania	-	W	2			
21	Wilgotność	-	%	85% dla 40°C			
22	Zakres temperatur otoczenia	-	°C	-10°C..+40°C			
23	Stopień ochrony IP	-	-	IP51			
24	Waga	-	kg	Wagi poszczególnych typów są podane w podrozdziale 3.2 <i>Wymiary mechaniczne oraz waga na str. 8.</i>			

3.2. Wymiary mechaniczne oraz waga



Waga inwertera z ramką montażową: 33 kg.

3.3. Widok inwertera od strony złącz

4. Przygotowanie do instalacji

4.1. Wybór miejsca montażu inwertera

- Inwerter jest przeznaczony do montażu zarówno wewnątrz jak i na zewnątrz pomieszczeń.
- Inwerter, posiada stopień ochrony IP51 i należy to uwzględnić przy wyborze miejsca montażu.
- Aby utrzymać temperaturę inwertera na możliwie najniższym poziomie, inwerter nie może być wystawiony na bezpośrednie działanie promieniowania słonecznego. Inwerter należy zamontować w miejscu osłoniętym.
- Inwertera nie należy montować i eksploatować na wysokości powyżej 2500 m n.p.m.
- Zasadniczo inwerter ma pyłoszczelną konstrukcję. Jednakże w obszarach o silnym zapyleniu może nastąpić zapylenie powierzchni chłodzących i znaczące obniżenie wydajności termicznej. W takim przypadku konieczne jest regularne czyszczenie radiatora. Dlatego niezalecany jest montaż w pomieszczeniach i otoczeniu o silnym zapyleniu.
- Inwertera nie należy montować w:
 - środowisku łatwopalnym i/lub wybuchowym, gdyż może stać się przyczyną pożaru i/lub eksplozji.
 - obszarze zaciągania amoniaku, żrących oparów, zakwaszonego lub zasolonego powietrza (np. w składach nawozów, otworach wentylacyjnych obór, instalacjach chemicznych, garbarniach itp.).
 - pomieszczeniach o podwyższonym ryzyku wypadków z udziałem zwierząt hodowlanych (konie, bydło, owce, trzoda chlewna itp.);
 - stajniach i przyległych pomieszczeniach;
 - magazynach i składach na siano, słomę, trociny, pasze dla zwierząt, nawozy itp.
 - szklarniach;
 - pomieszczeniach, w których przechowywane i przetwarzane są owoce, warzywa i winorośle;
 - pomieszczeniach do przygotowania zbóż, pasz zielonych i dodatków paszowych.
- Z powodu niewielkiego hałasu wytwarzanego przez inwerter w określonych stanach pracy, przebywanie przez dłuższy czas może być w nieznacznym stopniu uciążliwe dla niektórych osób dlatego nie jest zalecany montaż w bezpośrednim sąsiedztwie pomieszczeń mieszkalnych.

4.2. Warunki środowiskowe

Inwerter PS300 powinien pracować w pomieszczeniach suchych o niewielkim zapyleniu. Temperatura otoczenia nie powinna przekraczać 40°C a wilgotność względna 85% zgodnie z tab. 2.1 na str. 6.

4.3. Chłodzenie

W celu zapewnienia wymaganego obiegu powietrza, inwerter powinien być zamontowany tak, aby zachować wolną przestrzeń co najmniej 20 cm od góry i dołu oraz 10 cm z obu boków. W przypadku montażu w obudowie zamkniętej należy stosować otwory wentylacyjne. Wskazane jest stosować dodatkowy wentylator. Należy zapobiec osiadaniu kurzu na powierzchni radiatora. Co pewien czas radiator należy oczyścić.

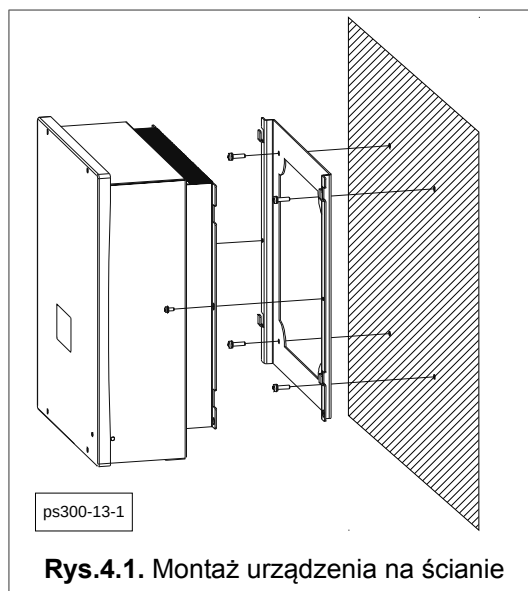
4.4. Montaż

Inwerter jest urządzeniem stacjonarnym. Należy go montować w pozycji pionowej z przyłączami skierowanymi do dołu, z maksymalnym odchyleniem +/-15 st. od pionu.

Inwerter nie jest przystosowany do montażu w innych pozycjach, a w szczególności:

- w pozycji poziomej
- na powierzchni skośnej.
- z przyłączami skierowanymi do góry
- na stropie
- w pozycji przewieszanej, tzn. gdy środek ciężkości wypada poza powierzchnię do której inwerter został zamontowany.

W pierwszej kolejności należy przymocować płytę montażową przy pomocy 4 wkrętów. Następnie na tej płycie zawiesić inwerter i zabezpieczyć go dwoma wkrętami oraz opcjonalnie kłódką.



Rys.4.1. Montaż urządzenia na ścianie

4.5. Listwa obwodu mocy

Na rysunkach 5.1 - 5.3 przedstawiono schematy połączeń przewodów mocy w zależności od typu inwertera. Obwód sieci elektrycznej podłączany jest do listwy zaciskowej, która znajduje się na dolnej płycie urządzenia. Na niej znajdują się też wkładki topikowe o wartości zależnej od mocy inwertera.

Przepalenie się wkładek topikowych może być spowodowane nieprawidłową pracą układu lub podłączonych do niego obwodów elektrycznych. Wymiana wkładek topikowych bez analizy przyczyny przepalenia może skutkować poważniejszym uszkodzeniem inwertera nie objętym gwarancją. Z tego powodu wymiana wkładek topikowych może być dokonana tylko przez serwis producenta.

Dostęp do zacisków obwodu mocy uzyskuje się po zdjęciu przedniej pokrywy inwertera.

5. Instalacja inwertera do pracy w trybie ON-GRID

Rozdział ten dotyczy układów:

- PS300-WT,
- PS300-PVT,
- PS300-H.

UWAGA: Nie dokonywać żadnych podłączeń, kiedy do inwertera jest doprowadzone napięcie elektryczne: od strony sieci elektrycznej, paneli fotowoltaicznych, generatora turbiny wiatrowej, baterii akumulatorów.

Rozróżniamy dwa rodzaje wejść od strony źródła elektrycznej energii odnawialnej:

- **wejście AC:** wejście generatora synchronicznego (elektrownia wiatrowa, wodna), wykorzystywane w układach **PS300-WT**, **PS300-H**;
- **wejście DC:** wejście paneli fotowoltaicznych PV wykorzystywane w układach **PS300-PV**, **PS300-H**.

W zależności od posiadanego typu inwertera czynności instalacyjne i uruchomieniowe należy przeprowadzić zgodnie z poniższymi podrozdziałami (5.1, 5.2, 5.3).

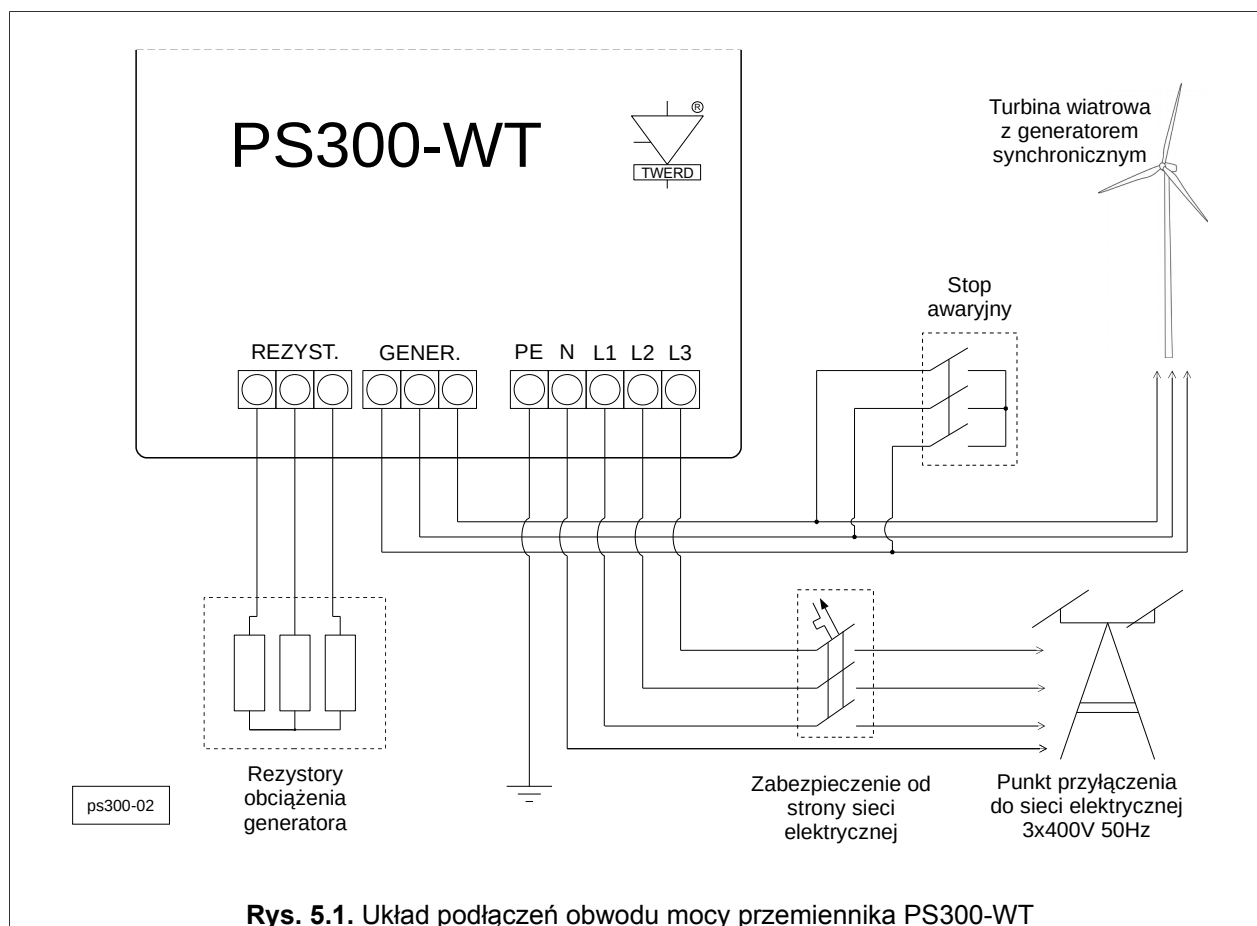
Po ich wykonaniu inwerter będzie gotowy do pracy autonomicznej bez ingerencji użytkownika.

Użytkownik może jedynie za pomocą magistrali komunikacyjnych (RS-485, Ethernet) lub bezpośrednio z panelu pozyskać informacje o aktualnym stanie urządzenia. Szczegółowy opis konfiguracji komunikacji z inwerterem znajduje się w rozdziale 10.

UWAGA:

Dokonując instalacji inwertera należy pamiętać, że obwód elektryczny od strony generatora musi być galwanicznie odseparowany od sieci elektrycznej. Dodatkowe obwody pomiarowe podłączone pomiędzy generatorem a inwerterem również muszą spełniać tą zasadę. W przeciwnym wypadku może wystąpić nieprawidłowa praca układu a nawet uszkodzenie, które nie będzie objęte gwarancją.

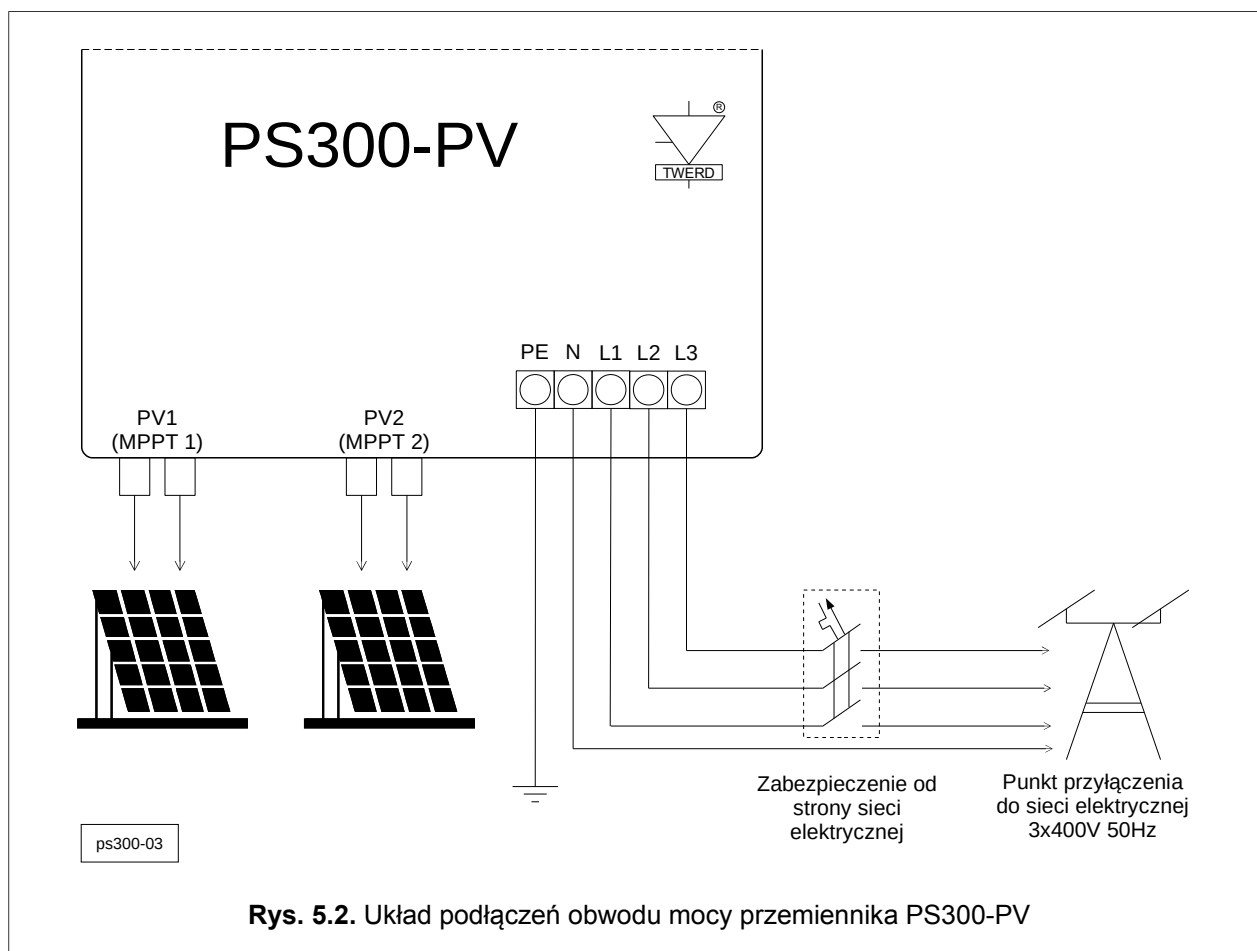
5.1. Inwerter z wejściem generatora synchronicznego



Przyłączając trójfazowy generator z magnesami trwałymi należy zachować poniższą kolejność czynności:

1. Zewrzeć uzwojenia generatora poprzez zewnętrzny stop awaryjny.
2. Odkręcić 4 śruby mocujące pokrywę inwertera.
3. Do zacisków opisanych GENERATOR podłączyć przewody generatora.
4. Do zacisków opisanych REZYSTORY podłączyć przewody rezystorów hamujących generator w sytuacjach awaryjnych.
5. Podłączyć pod zaciski L1, L2, L3, N, PE przewody sieci elektrycznej (beznapięciowo).
6. Załączyć zasilanie inwertera od strony sieci elektrycznej.
7. Nastawić parametry układu: charakterystykę obciążenia w grupie 3, parametry hamowania w grupie 10 i określić moment startu i stopu obciążania generatora w parametrach: 2.1, 1.20 i 1.21. Szczegółowy opis pracy inwertera znajduje się w rozdziale 7.
8. Przykręcić pokrywę inwertera.
9. Wyłączyć stop awaryjny generatora.
10. Odczekać chwilę w celu sprawdzenia czy urządzenie nie wykrywa awarii.

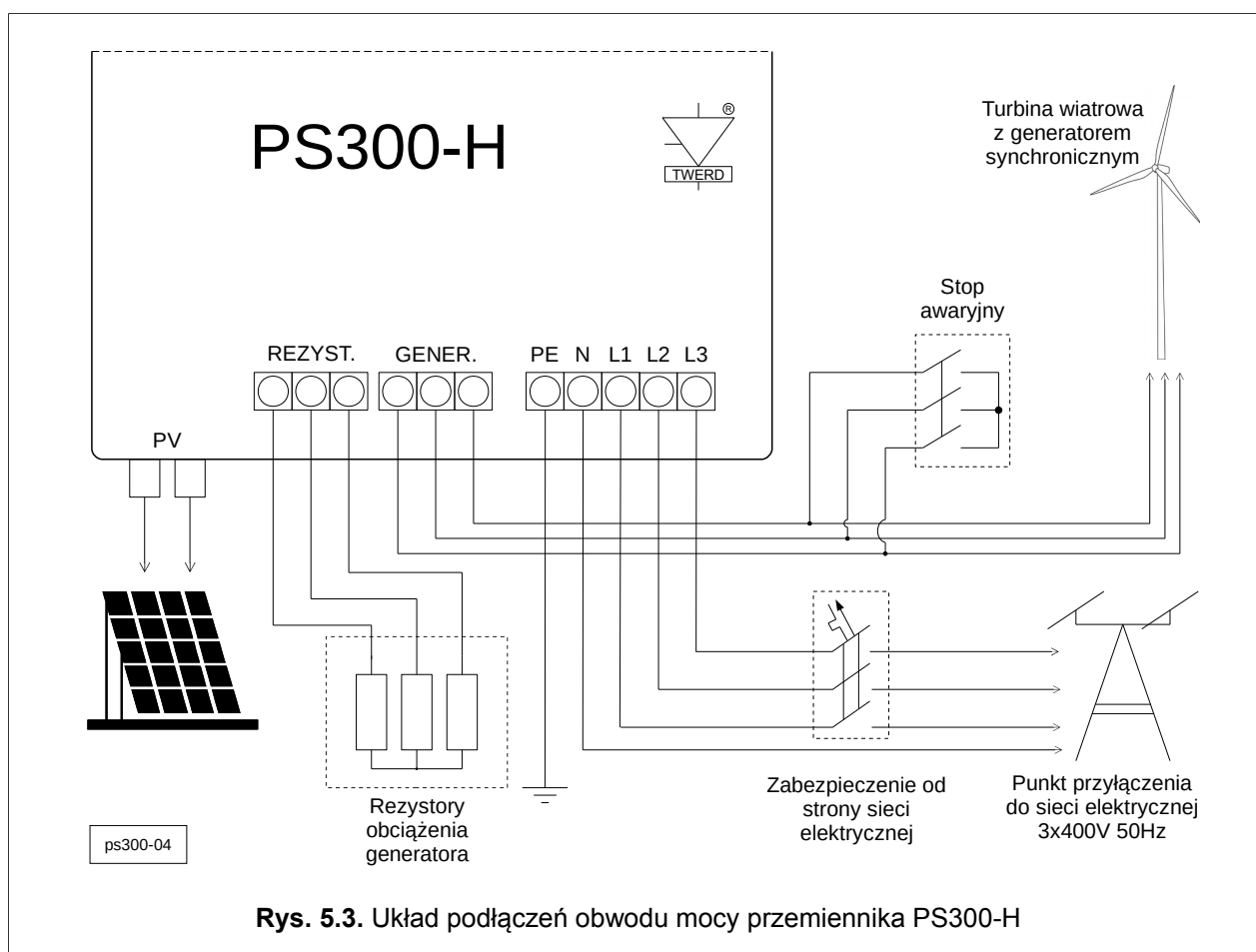
5.2. Inwerter z wejściem paneli fotowoltaicznych PV



Przyłączając panele fotowoltaiczne należy zachować poniższą kolejność czynności:

1. Ustawić włącznik PV w pozycji OFF.
2. Odkręcić 4 śruby mocujące pokrywę inwertera.
3. Podłączyć pod zaciski L1,L2,L3,N,PE przewody sieci elektrycznej (beznapięciowo).
4. Przykręcić pokrywę inwertera.
5. Dokonać pomiaru wartości napięcia paneli fotowoltaicznych oraz ich polaryzacji.
6. Podłączyć panele fotowoltaiczne pod dedykowane złącza PV.
7. Załączyć zasilanie inwertera od strony sieci elektrycznej.
8. Ustawić włącznik PV w pozycji ON.
9. Odczekać chwilę w celu sprawdzenia czy urządzenie nie wykrywa awarii.

5.3. Inwerter hybrydowy z wejściem generatora synchronicznego i paneli fotowoltaicznych PV



Przyłączając panele fotowoltaiczne oraz generator synchroniczny do inwertera hybrydowego należy zachować poniższą kolejność czynności:

1. Zewrzeć uzwojenia generatora poprzez zewnętrzny stop awaryjny.
2. Ustawić włącznik PV w pozycji OFF.
3. Odkręcić 4 śruby mocujące pokrywę inwertera.
4. Do zacisków opisanych GENERATOR podłączyć przewody generatora.
5. Do zacisków opisanych REZYSTORY podłączyć przewody rezystorów hamujących generator w sytuacjach awaryjnych.
6. Podłączyć pod zaciski L1, L2, L3, N, PE przewody sieci elektrycznej (beznapięciowo).
7. Załączyć zasilanie inwertera od strony sieci elektrycznej.
8. Nastawić parametry układu: charakterystykę obciążenia w grupie 3, parametry hamowania w grupie 10 i określić moment startu i stopu obciążania generatora w parametrach: 2.1, 1.20 i 1.21. Szczegółowy opis pracy inwertera znajduje się w rozdziale 7.
9. Przykręcić pokrywę inwertera.
10. Dokonać pomiaru wartości napięcia paneli fotowoltaicznych oraz ich polaryzacji.
11. Podłączyć panele fotowoltaiczne pod dedykowane złącza PV.
12. Wyłączyć stop awaryjny generatora.
13. Ustawić włącznik PV w pozycji ON.
14. Odczekać dwie minuty w celu sprawdzenia czy urządzenie nie wykrywa awarii.

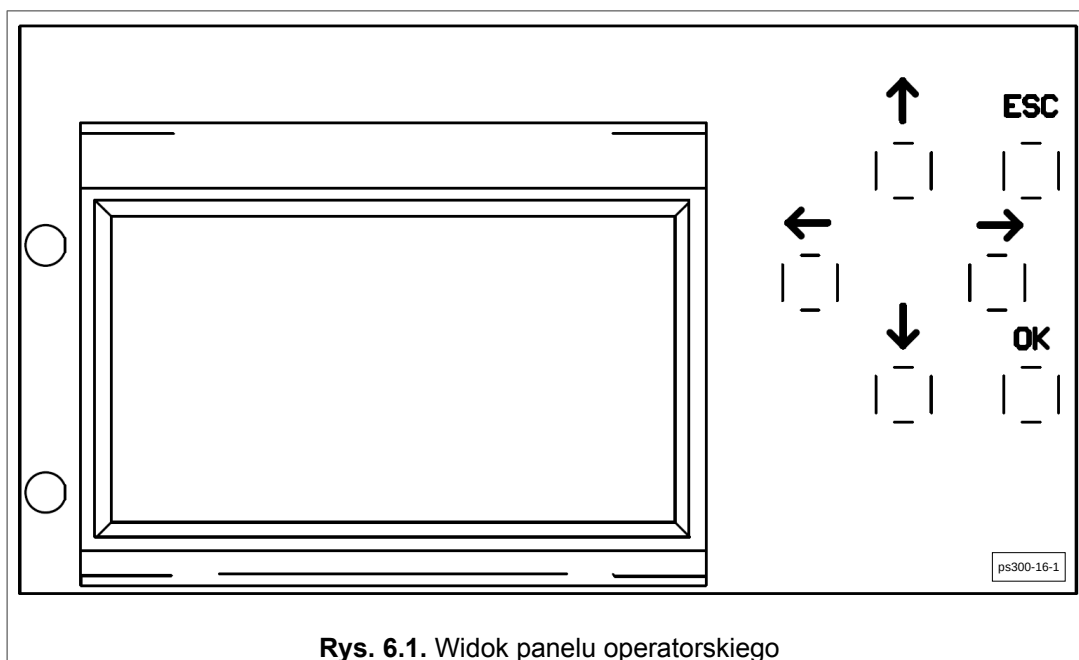
6. Obsługa panelu operatorskiego

Po włączeniu układu nastąpi jego inicjalizacja i ekran przyjmie stan początkowy: *widok podstawowy*. Klawisze <OK>, <ESC>, <góra>, <dół>, <prawy> i <lewy> służą do poruszania się po menu oraz do zmiany nastaw parametrów. Dostęp do klawiszy uzyskuje się po zdemontowaniu przedniej pokrywy inwertera.

Uwaga:

Należy zachować szczególną ostrożność ze względu na możliwość porażenia elektrycznego! Po zdemontowaniu przedniej pokrywy inwertera uzyskuje się równocześnie dostęp do elementów będących, w warunkach normalnej pracy inwertera, pod napięciem elektrycznym niebezpiecznym dla życia i zdrowia (części czynne). Demontażu przedniej pokrywy inwertera (gdy do urządzenia jest doprowadzone napięcie elektryczne zarówno od strony sieci jak i generatora) i zmiany nastaw może dokonywać jedynie osoba posiadająca odpowiednie uprawnienia elektryczne.

Do codziennej eksploatacji inwertera nie jest konieczne demontowanie pokrywy przedniej. Wbudowany czujnik udarowy wykrywa lekkie puknięcie w obudowę inwertera i umożliwia przegląd podstawowych parametrów pracy zawartych w „widoku podstawowym”.



Rys. 6.1. Widok panelu operatorskiego

Tabela 6.1. Informacje przekazywane przez diody sygnalizacyjne

Kolor diody	Rodzaj świecenia	Znaczenie
Brak	diody zgaszone, wyświetlacz pokazuje podstawowe informacje	zbyt niska moc na wejściu inwertera, układ w trybie oszczędzania energii
Zielona	miganie	układ gotowy do pracy
	światło ciągłe	układ pracuje
Czerwona	światło ciągłe	awaria

Aby wejść do Menu głównego należy nacisnąć klawisz <OK>. Do poruszania się po Menu głównym służą klawisze <góra><dół> oraz <prawy><lewy>. Wyboru podświetlonej opcji dokonuje się klawiszem <OK> a powrotu do Menu głównego klawiszem <ESC>.

W sytuacji konieczności zmiany nastaw parametrów z grup chronionych hasłem (grupy: 1, 2, 3, 4, 5, 10 i 11) prosimy o kontakt z producentem urządzenia.

7. Rozpoczęcie pracy

Urządzenie przeznaczone jest do obciążania paneli fotowoltaicznych lub/oraz generatora synchronicznego z magnesami trwałymi. Układ wyposażony jest w następujące bloki przetwarzania energii:

- **AC/DC/DC**: prostownik diodowy z przetwornicą BOOST od strony generatora,
- **DC/DC**: przetwornica BOOST od strony paneli PV,
- **DC/AC**: prostownik aktywny AcR (ang. active rectifier) pracujący od strony sieci energetycznej (tryb pracy on-grid) lub odbiorów elektrycznych (tryb pracy off-grid).

Przetwornica BOOST umożliwia pozyskiwanie energii elektrycznej w szerokim zakresie napięć: od 70 do 450 Vdc. Napięcie startu określone jest w parametrze serwisowym 1.20. Obciążenie w przypadku paneli fotowoltaicznych odbywa się na podstawie zaimplementowanego w urządzeniu algorytmu śledzenia punktu maksymalnej mocy (MPPT), inwertery z dwoma wejściami PV mają dwa niezależne algorytmy śledzenia.

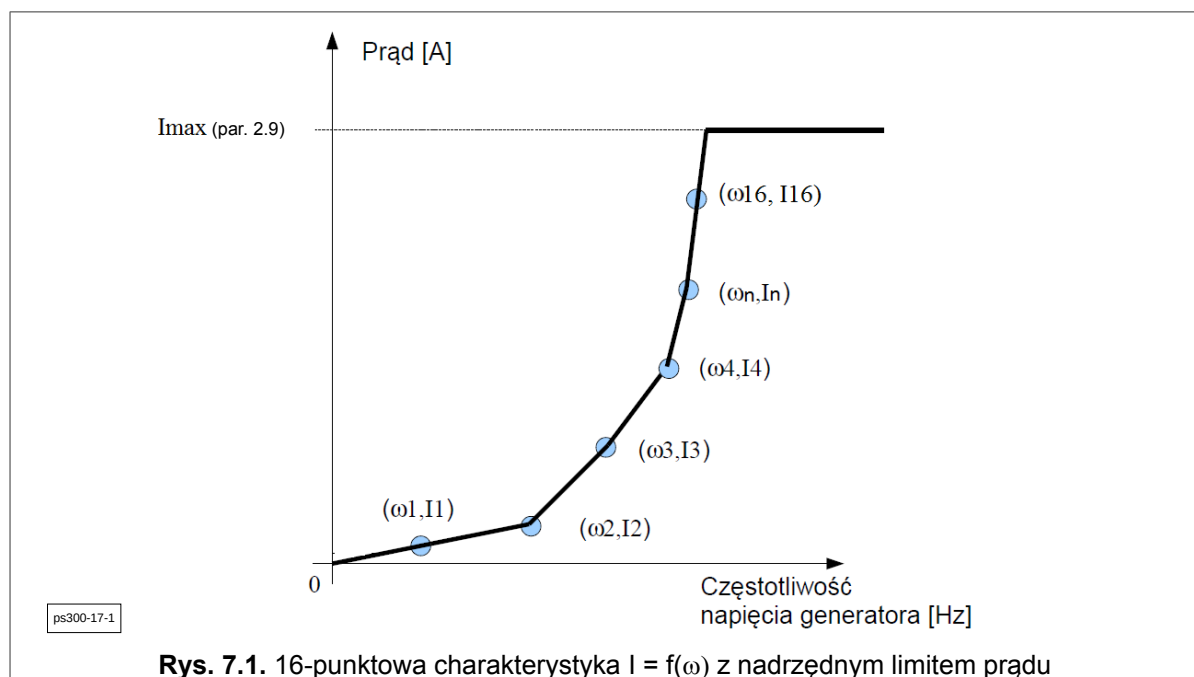
Przekształtniki współpracujące z generatorami synchronicznymi kształtują obciążenie na podstawie 16-punktowej krzywej:

$$I = f(\omega)$$

gdzie: ω – częstotliwość generatora,

I – limit prądu podawany w % w stosunku do prądu nominalnego podanego w parametrze 1 grupy 1.

Punkty (ω, I) , wprowadzane są przez użytkownika w grupie 1. Na charakterystykę nakłada się nadrzędny limit prądu (**par. 2.9 „DC curr limit [A]”**), którego wartość maksymalna wynika z możliwości technicznych urządzenia. Można jednak ustawić wartości niższe ograniczając charakterystykę tak jak na rysunku poniżej.



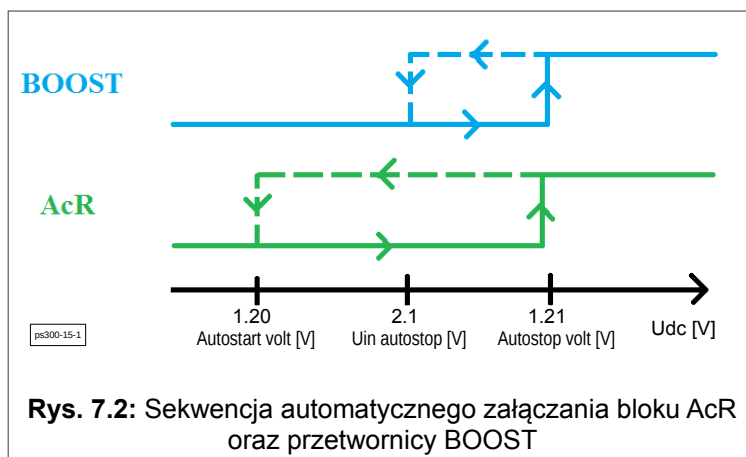
Rys. 7.1. 16-punktowa charakterystyka $I = f(\omega)$ z nadrzędnym limitem prądu

7.1. Polecenie Start/Stop

Polecenie START/STOP wykonuje się automatycznie na podstawie odpowiedzialnych za to progów napięcia wejściowego DC:

- Par. 1.20 (grupa 1, parametr 20) "Autostart volt. [V]"** – wyprostowana wartość napięcia od strony wejściowej (OZEE: generatora wiatrowego/wodnego, paneli PV) powyżej którego inwerter rozpocznie pracę (jeśli był w stanie STOP) i zacznie oddawać energię do sieci elektrycznej.
- Par. 1.21 (grupa 1, parametr 21) "Autostop volt. [V]"** - wyprostowana wartość napięcia od strony wejściowej (OZEE) poniżej której inwerter przestaje oddawać energię do sieci elektrycznej i przechodzi w stan *uśpienia*. Jeżeli napięcie wejściowe pozostanie poniżej tego poziomu przez czas określony w par. 1.11 to inwerter przejdzie w stan *głębokiego uśpienia*.
Stan uśpienia: napięcie sieci elektrycznej podtrzymuje napięcie w bateriach kondensatorów obwodu pośredniczącego, inwerter jest gotowy do rozpoczęcia pracy w kilka sekund.
Stan głębokiego uśpienia: obwód pośredniczący inwertera jest odłączony od sieci elektrycznej,

rozpoczęcie pracy może potrwać ok 1+2 min. W tym trybie zużycie energii jest mniejsze niż w trybie *uśpienia*.



7.2. Rezystory hamujące

Rezystory hamujące należy podłączyć zgodnie odpowiednim rysunkiem z rozdziału 5. Pracą rezystorów sterują wewnętrzne przekaźniki o zdolności łączeniowej w kategorii AC1: 16A.

Rezystory hamujące zostaną załączone w czterech przypadkach:

- napięcie RMS generatora przekroczy wartość z parametru **10.2 (U RMS gen. Ham [V])**,
- częstotliwość generatora przekroczy wartość ustawioną w parametrze **10.3 (Czest. Gen. ham [Hz])**,
- w wyniku braku sieci energetycznej,
- podczas wystąpienia awarii.

7.3. Przebieg wewnętrznego procesu załączenia inwertera w trybie on-grid

Urządzenie działa autonomicznie, nie wymaga obsługi. Przebieg wewnętrznego procesu załączenia jest następujący:

- Po podłączeniu do sieci zasilającej układ w przypadku wejścia fotowoltaicznego monitoruje napięcie paneli, natomiast w przypadku wejścia generatora odłącza rezystory obciążenia oraz zaczyna monitorować napięcie i częstotliwość prądu.
- Urządzenie sprawdza czy wartość napięcia i częstotliwości sieci jest poprawna.
- Pobierając energię ze źródła podłączonego do wejścia OZE podwyższa napięcie w obwodzie DC do poziomu odpowiedniego do załączenia sieci elektroenergetycznej.
- Wykonuje synchronizację z siecią.
- Jeśli napięcie otrzymywane ze źródła jest wystarczająco wysokie (próg określony parametrem 1.20) następuje start algorytmu MPPT i obciążanie paneli fotowoltaicznych zgodnie z algorytmem MPPT lub generatora zgodnie z krzywą wprowadzoną w grupie 1. Uzyskana energia elektryczna jest przesyłana do sieci elektroenergetycznej.

7.4. Przebieg wewnętrznego procesu załączenia inwertera w trybie off-grid

Urządzenie działa autonomicznie, nie wymaga obsługi.

Przebieg wewnętrznego procesu załączenia jest następujący:

- Po podłączeniu akumulatorów układ podnosi napięcie w obwodzie pośredniczącym do wartości pozwalającej na generację napięcia 230V AC RMS.
- W przypadku wejścia fotowoltaicznego monitoruje napięcie paneli, natomiast w przypadku wejścia generatora odłącza rezystory obciążenia oraz zaczyna monitorować napięcie i częstotliwość prądu.
- Pobierając energię ze źródeł odnawialnych w pierwszej kolejności inwerter kieruje ją do odbiorów elektrycznych. Gdy dostępna moc elektryczna przekracza zapotrzebowanie odbiorów elektrycznych następuje proces ładowania podłączonych do inwertera akumulatorów.

W sytuacji, gdy zapotrzebowanie na moc elektryczną przez odbiory przekracza moc generowaną przez źródła odnawialne, inwerter przechodzi w tryb rozładowania akumulatorów.

8. Ustawienie zegara

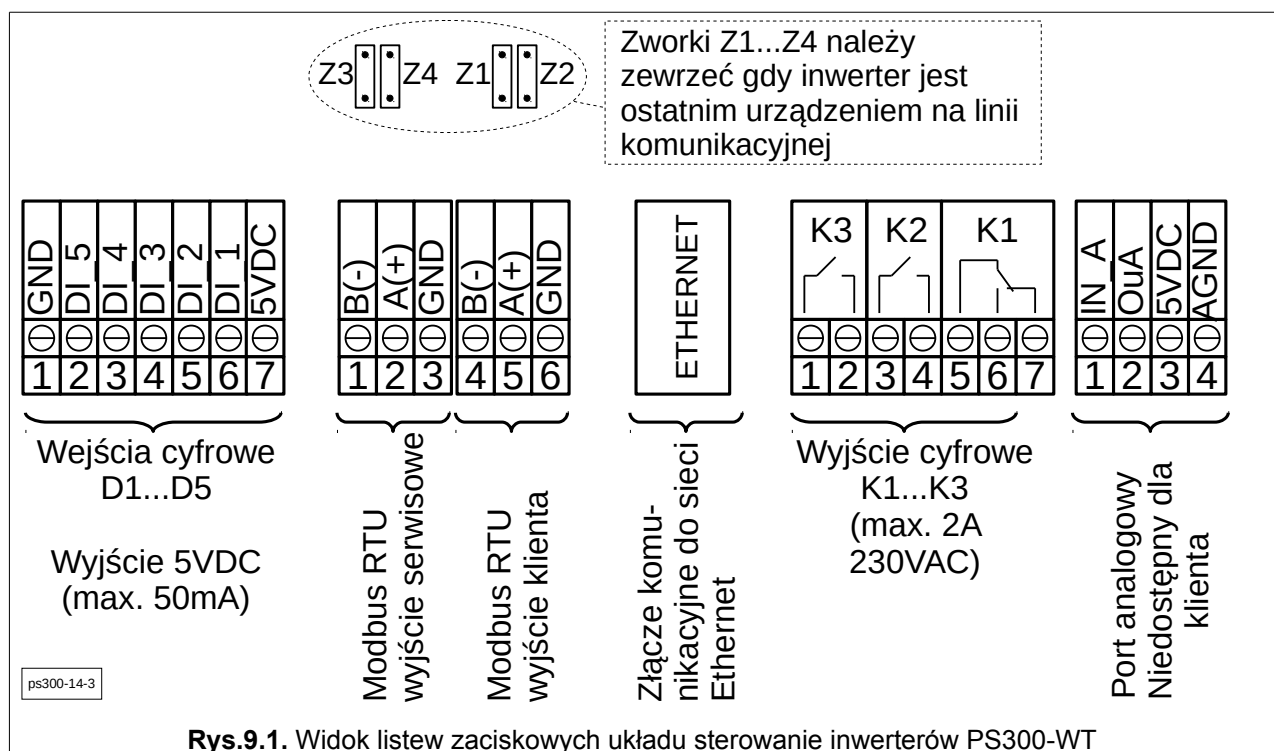
Inwerter posiada wewnętrzny zegar RTC, który służy do synchronizowania zapisywanych danych o pracy urządzenia. By ustawić zegar należy w MENU GŁÓWNYM wybrać opcję ZEGAR i nacisnąć <OK>, spowoduje to otwarcie ekranu do zmiany ustawień czasu. Inwerter posiada możliwość ustawienia daty w formacie RRRR-MM-DD oraz godziny w formacie GG-MM. Do nawigowania po poszczególnych pozycjach służą przyciski <pravo>, <lewo> do zmiany wartości <góra>, <dół>. Wyjście i zapisanie zmian odbywa się klawiszem <OK>, natomiast anulowanie zmian i wyjście klawiszem <ESC>.

Uwaga: inwerter nie obsługuje automatycznej zmiany czasu na letni/zimowy.

9. Wejścia i wyjścia cyfrowe

Inwerter jest wyposażony w 5 wejść cyfrowych 5VDC, $R_{IN} > 300\Omega$ oraz 3 wyjścia cyfrowe przekaźnikowe o zdolności wyłączenia 2A 230VAC. Na listwie zaciskowej wejść cyfrowych dostępne jest napięcie 5Vdc przeznaczone do obsługi wejść cyfrowych oraz dowolnego zewnętrznego urządzenia o maksymalnym poborze prądu 50mA.

Na rys. 9.1 przedstawiono widok listew zaciskowych układu sterowania inwerterów serii PS300. Do podglądu stanu wejść oraz wyjść cyfrowych można wejść wybierając w MENU GŁÓWNYM inwertera opcję PODGLĄD WEJ/WYJ.



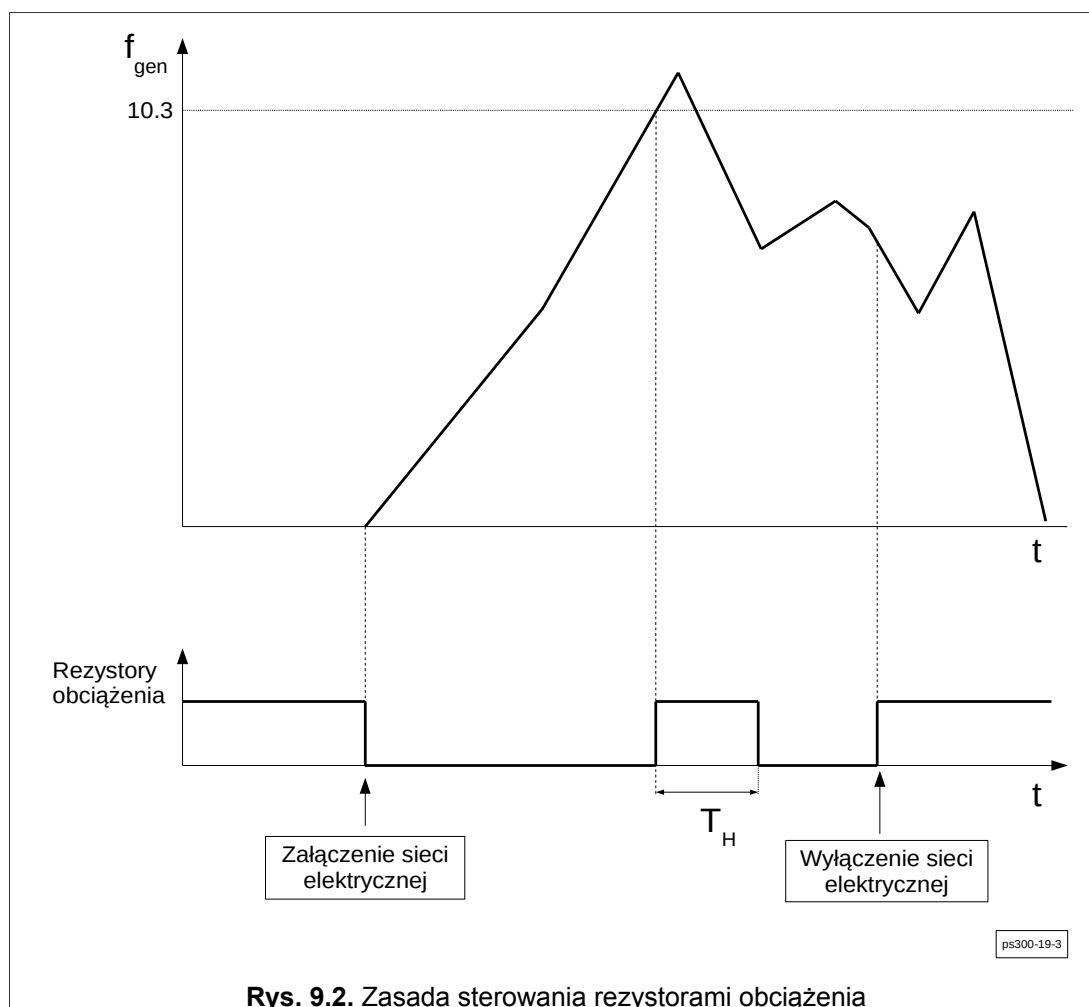
Rys.9.1. Widok listew zaciskowych układu sterowanie inwerterów PS300-WT

Inwerter domyślnie wykorzystuje trzy wyjścia cyfrowe K1, K2, K3 do regulacji częstotliwości generatora jeśli turbina wiatrowa jest wyposażona ogon - rozdział 9.1. Sterowanie obciążeniem na str. 20 oraz wejście cyfrowe DI_2 do obsługi opcjonalnego anemometru (wiatromierza) - patrz rozdział 9.2 Obsługa wiatromierza na str. 21.

9.1. Sterowanie obciążeniem

Inwerter PS300 oprócz zabezpieczenia przed rozbieganiem się turbiny jest przystosowany do regulacji częstotliwości generatora (a przez to generowanej mocy) poprzez dołączenie rezystorów obciążenia.

Na rysunku 9.2 przedstawiono zasadę sterowania rezystorami obciążenia.



Rys. 9.2. Zasada sterowania rezystorami obciążenia

Układ na bieżąco mierzy częstotliwość i napięcie generatora, i porównuje je do ustawień zapisanych w pamięci inwertera (grupa 10).

By zapobiec rozbieganiu się generatora należy wykorzystać rezystory obciążenia. Parametr 10.3 określa próg częstotliwości generatora powyżej której załączane są rezystory na czas hamowania T_H , w którym częstotliwość generatora spadnie poniżej wartości progu pomniejszonego o histerezę określoną w parametrze 10.5, jednak nie krótszy niż czas z parametru 10.4.

Inwerter dodatkowo może reagować na przekroczenie progów napięcia. Parametr 10.2 służy do określenia poziomu napięcia, które wyzwala załączenie rezystorów obciążenia.

W przypadku wystąpienia jakiegokolwiek awarii układ załącza rezystory obciążenia.

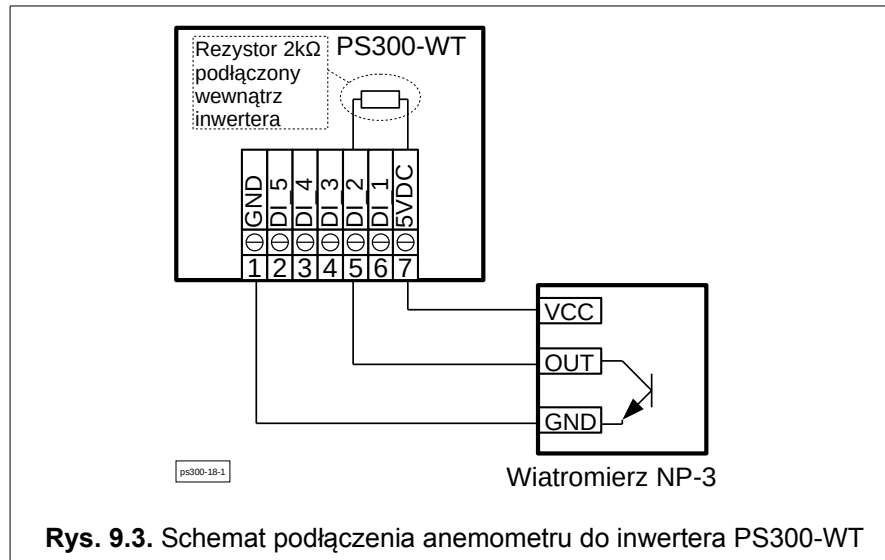
Tabela 9.1. Sterowanie rezystorami obciążającymi turbinę - grupa 10 (serwisowa, zabezpieczona hasłem)

Nr	Nazwa	Opis
2	U RMS gen. Ham [V]	Napięcie RMS generatora od której dołączone zostaje obciążenie "Rezystory" (styki rozwiernie 8A/250 Vac)
3	Czest. Gen. ham [Hz]	Częstotliwość generatora od której dołączone zostaje obciążenie "Rezystory"
4	Min czas ham. [s]	Minimalny czas dołączenia obciążenia „Rezystory”
5	Hist. ham. Off [%]	Histeresa określona w % w stosunku do wartości podanych w parametrze 1 i 2, podająca progi zwolnienia obciążenia

9.2. Obsługa wiatromierza

Inwerter jest przystosowany do odczytu prędkości wiatru z anemometru. Współpracuje z wiatromierzami z wyjściem typu otwarty kolektor (OC) lub wyjściem kontaktronowym. Maksymalna częstotliwość musi być mniejsza niż 1 kHz. Istnieje możliwość zasilania czujnika prędkości wiatru z wyjścia 5VDC, o ile nie zostanie przekroczony maksymalny prąd obciążenia 50mA. Na rys. 9.3 przedstawiono schemat podłączenia anemometru na przykładzie wiatromierza NP-3 firmy Fardata.

W celu prawidłowego pomiaru prędkości wiatru konieczne jest wpisanie w parametrze 10.6 prędkości wiatru [m/s] odpowiadającej 10 impulsom/sekundę. Wartość ta jest podawana przez producenta wiatromierza (w tym przykładzie jest to wartość 1.5). Do podglądu aktualnej prędkości wiatru służy par. 0.21.



10. Ustawienie parametrów komunikacyjnych urządzenia

Inwerter PS300 wyposażony jest w złącze komunikacyjne RS-485 oraz port Ethernet. Umożliwia to sterowanie pracą inwertera za pomocą komputera lub zewnętrznego sterownika. Podstawowe cechy i możliwości przemiennika to:

RS-485:

- praca z prędkością 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 bitów na sekundę,
- format znaku: 8 bitów danych, brak kontroli parzystości; 1 lub 1,5 lub 2 bity stopu,
- obsługiwany protokół transmisji: MODBUS RTU,
- kontrola poprawności transmisji poprzez sumę CRC,
- adres ModBus (standardowo 1),
- obsługiwane komendy protokołu MODBUS: komenda 3 - "odczyt rejestru" - umożliwia odczyt pojedynczego rejestru z przemiennika lub bloku o długości do 127 rejestrów. Komenda 6 - "zapis rejestru" - zapis pojedynczego rejestru do przemiennika.

Ethernet:

- obsługiwany protokół transmisji: MODBUS TCP, MODBUS UDP,
- domyślny port 502,
- wewnętrzna strona web z podstawowymi informacjami
- adres ModBus (standardowo 1),
- obsługiwane komendy protokołu MODBUS: komenda 3 - "odczyt rejestru" - umożliwia odczyt pojedynczego rejestru z przemiennika lub bloku o długości do 127 rejestrów. Komenda 6 - "zapis rejestru" - zapis pojedynczego rejestru do przemiennika.

Operacje opierają się na komendach protokołu MODBUS RTU / TCP– nr 3 i 6 opisanych w publikacjach na temat MODBUS.

Adresowanie odbywa się na zasadzie odpytania parametru 4xxyy, gdzie xx – numer grupy, yy – numer parametru. Przykładowo chcąc odczytać parametr 0.4 – częstotliwość sieci należy odpytać się o adres 40004.

10.1. Podłączenie urządzenia do sieci lokalnej

W celu podłączenia układu PS300 do sieci Ethernet należy:

- Zdemontować pokrywę inwertera.
- Kabel LAN przeprowadzić przez dławicę i podłączyć do złącza „Ethernet”.
- Z panelu operatorskiego wejść do menu "MAC & IP".
- Ustawić adres IP urządzenia (np. 192.168.1.253)
- Opcjonalnie można ustawić również adres MAC karty.
- Kolejno przestawić LAN PWR na opcję ON i dokonać zapisu.
- Ustawić PORT (ten sam jest ustawiany do połączenia udp oraz tcp) na 502 (domyślny port MODBUS TCP).

Bieżące parametry inwertera wyświetlane są poprzez przeglądarkę internetową pod adresem ustawionym w menu "MAC & IP" (w tym przykładzie jest to <http://192.168.1.253>).

W celu połączenia się z układem z zewnątrz (poza siecią lokalną) należy przekierować połączenie na odpowiedni adres IP oraz ustawiony port.

11. Wykresy

Inwerter monitoruje na bieżąco moce wejściowe oraz moc wyjściową oraz co 15 minut zapisuje w pamięci ich średnie wartości. By przeglądać wykresy mocy należy wybrać w MENU GŁÓWNYM opcję WYKRESY, co spowoduje otwarcie okna ustawienia daty z której mają być wyświetlone wykresy. Po ustawieniu odpowiedniej daty, wybór zatwierdza się przyciskiem <OK>. Po wyświetleniu wykresu można klawiszami <góra>, <dół> wybierać kolejno: moc całkowita w danym dniu, moc na wejściu pierwszym, moc na wejściu drugim. By następnie zmienić datę, należy cofnąć się do menu wyboru daty klawiszem <ESC>.

Inwerter dodatkowo wyświetla na ekranie domyślnym wykres mocy całkowitej z bieżącego dnia. Kolejne plansze z aktualnymi danymi o pracy przemiennika zmieniają się automatycznie co kilkanaście sekund lub mogą być przewijane po stuknięciu w obudowę urządzenia.

12. Parametry konfiguracyjne

GRUPA 0 (ogólnodostępna, tylko do odczytu) - stan urządzenia

Nr	Nazwa	Poziom dostępu	Opis
1	Produced energy [kWh]	Odczyt	Całkowita energia
2	Run time [h]	Odczyt	Całkowity czas pracy
3	Grid power [W]	Odczyt	Moc chwilowa na wyjściu
6	Grid freq [Hz]	Odczyt	Częstotliwość sieci
9	Grid volt. L1 [V]	Odczyt	Napięcie sieciowe faza L1
10	Grid volt. L2 [V]	Odczyt	Napięcie sieciowe faza L2
11	Grid volt. L3 [V]	Odczyt	Napięcie sieciowe faza L3
12	Grid curr. L1 [A]	Odczyt	Prąd sieci w fazie A
13	Grid curr. L2 [A]	Odczyt	Prąd sieci w fazie B
14	Grid curr. L3 [A]	Odczyt	Prąd sieci w fazie C
20	Input 1 power [W]	Odczyt	Moc chwilowa na wejściu 1
21	Input 1 volt [V]	Odczyt	Napięcie DC na wejściu 1
22	Input 1 curr [A]	Odczyt	Prąd DC wejścia 1
23	Input 2 power [W]	Odczyt	Moc chwilowa na wejściu 2
24	Input 2 volt [V]	Odczyt	Napięcie DC na wejściu 2
25	Input 2 curr [A]	Odczyt	Prąd DC wejścia 2
26	Input 3 power [W]	Odczyt	Moc chwilowa na wejściu 3

27	Input 3 volt [V]	Odczyt	Napięcie DC na wejściu 3
28	Input 3 curr [A]	Odczyt	Prąd DC wejścia 3
30	Turbine freq [Hz]	Odczyt	Częstotliwość napięcia generatora
31	Wind speed [m/s]	Odczyt	Prędkość wiatru
32	Resistance [kΩ]	Odczyt	Rezystancja izolacji
33	Leakege current [mA]	Odczyt	Prąd upływu
40	Charger volt. [V]	Odczyt	Napięcie na wejściu ładowarki
41	Charger curr. [A]	Odczyt	Prąd DC na wejściu ładowarki
42	Charger temp. [°C]	Odczyt	Temperatura baterii akumulatorów
43	Charger t. mod [°C]	Odczyt	Temperatura modułu tranzystorowego ładowarki
44	Charger fault	Odczyt	Kod błędu modułu ładowarki
50	UDC [V]	Odczyt	Wartość napięcia DC w obwodzie pośredniczącym
51	UDC 1 [V]	Odczyt	Wartość napięcia DC w obwodzie pośredniczącym 1
52	UDC 2 [V]	Odczyt	Wartość napięcia DC w obwodzie pośredniczącym 2
53	Radiator temp. [°C]	Odczyt	Temperatura radiatora
54	Module temp. [°C]	Odczyt	Temperatura modułu
60	Status	Odczyt	Stan pracy układu: 0 : stop, 1 : praca
61	Version ctr1	Odczyt	Wersja oprogramowania (komunikacja)
62	Version output	Odczyt	Wersja oprogramowania (sterowanie)
63	Version charger	Odczyt	Aktualny kod błędu ładowarki
64	Revision ctrl.	Odczyt	Rewizja oprogramowania (komunikacja)
70	Event 1	Odczyt	Kod najnowszego zdarzenia
71	Event 2	Odczyt	Kod kolejnego zdarzenia
72	Event 3	Odczyt	Kod kolejnego zdarzenia
73	Event 4	Odczyt	Kod kolejnego zdarzenia
74	Event 5	Odczyt	Kod kolejnego zdarzenia
75	Event 6	Odczyt	Kod kolejnego zdarzenia
76	Event 7	Odczyt	Kod kolejnego zdarzenia
77	Event 8	Odczyt	Kod kolejnego zdarzenia
78	Event 9	Odczyt	Kod kolejnego zdarzenia
79	Event 10	Odczyt	Kod najstarszego zdarzenia
80	Eth. IP 1	Odczyt	Adres IP
81	Eth. IP 2	Odczyt	Adres IP
82	Eth. IP 3	Odczyt	Adres IP
83	Eth. IP 4	Odczyt	Adres IP
84	Eth. MASK 1	Odczyt	Maska podsieci
85	Eth. MASK 2	Odczyt	Maska podsieci
86	Eth. MASK 3	Odczyt	Maska podsieci
87	Eth. MASK 4	Odczyt	Maska podsieci
88	Eth. GW 1	Odczyt	Brama domyślna
89	Eth. GW 2	Odczyt	Brama domyślna
90	Eth. GW 3	Odczyt	Brama domyślna

91	Eth. GW 4	Odczyt	Brama domyślna
92	Eth. State	Odczyt	Stan połączenia sieciowego

GRUPA 1 (serwisowa, zabezpieczona hasłem) – moduł sieciowy

Nr	Nazwa	Poziom dostępu	Opis
1	Work mode	2	Tryb pracy: 0-off grid 1- on grid 2- auto on/off grid 3- tryb testowy 4- tryb Coolmar 5- off-grid MPPT
2	Output volt. [V]	1	Napięcie wyjściowe
3	Output freq. [Hz]	1	Częstotliwość wyjściowa
10	Disconnetct volt. [V]	1	Napięcie wejściowe DC generatora (wyprostowane AC), poniżej którego nastąpi odliczanie czasu (par. 1.11) do odłączenia się układu od sieci w celu obniżenia poboru mocy – dotyczy pracy <i>On-grid</i>
11	Disconnect time [V]	1	Czas, po którym nastąpi odłączenie układu od sieci w celu zmniejszenia poboru mocy, w sytuacji, w której napięcie wejściowe DC spadnie poniżej poziomu określonego w par. 1.10
12	High curr. [A]	2	Próg awarii wysoki prąd na wyjściu
13	Limit current [A]	1	Limit prądu na wyjściu
20	Autostart volt. [V]	1	Napięcie wejściowe DC generatora (wyprostowane AC), po przekroczeniu którego można zacząć obciążać generator i wykonać polecenie START
21	Autostop volt. [V]	1	Napięcie wejściowe DC generatora (wyprostowane AC), poniżej którego nastąpi przerwanie pracy układu
22	Autostart	2	Wybór sposobu podawania komendy START 0 : ręczny – za podanie komendy START/STOP odpowiada wtedy parametr 1.24 1 : automatyczny
23	Enable start	2	Ręczne podanie komendy START/STOP
24	Output contact.	2	Włączenie przekaźników wyjściowych
25	Autorestart	2	Włącz (1) / wyłącz (0): automatyczne kasowanie kodu awarii jeśli taka wystąpi
26	Fault reset	2	Ręczny reset awarii, należy podać sekwencję: 0 → (odczekać 3 sek.) → 1 → (3 sek.) → 0
30	kp curr out	2	Nastawa części proporcjonalnej regulatora prądu wyjściowego
31	Ki curr out	2	Nastawa części całującej regulatora prądu wyjściowego
32	Udc ref	2	Zadane napięcie AcR
33	Kp reg user	2	Nastawa części proporcjonalnej regulatora napięcia obwodu pośredniczącego
34	Ti reg user	2	Nastawa części całującej regulatora napięcia obwodu pośredniczącego
40	Auto limit curr	2	Sposób limitowania prądu AcR powyżej progu Udc ref
41	Modulation	2	Modulacja

42	Wind simul.	2	Symulacja krzywej I/f na podstawie Uwej
43	Batt. Work time [min]	2	Czas pracy na baterii
44	Alfa min	2	Parametr MPPT
45	Alfa max	2	Parametr MPPT

GRUPA 2 (serwisowa, zabezpieczona hasłem) – wejście 1

Nr	Nazwa	Poziom dostępu	Opis
1	Uin autostop [V]	1	Napięcie przy którym wyłącza się boost wejścia 1
2	Uref [V]	2	Napięcie zadane boosta
3	Kp u	2	Nastawa części proporcjonalnej regulatora napięcia boosta
4	Ti u	2	<i>Nastawa części całkującej regulatora napięcia boosta</i>
5	Kp i	2	Nastawa części proporcjonalnej regulatora prądu boosta
6	ti i	2	Nastawa części całkującej regulatora prądu boosta
7	PWM [%]	2	Wypełnienie boosta
8	Max pwm [%]	2	Maksymalne wypełnienie boosta
9	Dc curr limit [A]	1	Limit wartości prądu wejściowego
10	Mppt type	2	Rodzaj algorytmu MPPT
11	Enable string	2	Zezwolenie na działanie wejścia
12	Stala filtr user [ms]	2	Nieużywany
13	Sala filtr prad [ms]	2	Stała filtrowania prądu
14	Czas ramp iref	2	Czas rampy prądu przy pierwszym uruchomieniu

GRUPA 3 (serwisowa, zabezpieczona hasłem) – wejście 2

Nr	Nazwa	Poziom dostępu	Opis
1	Uin autostop [V]	1	Napięcie przy którym wyłącza się boost wejścia 2
2	Uref [V]	2	Napięcie zadane boosta
3	Kp u	2	Nastawa części proporcjonalnej regulatora napięcia boosta
4	Ti u	2	Nastawa części całkującej regulatora napięcia boosta
5	Kp i	2	Nastawa części proporcjonalnej regulatora prądu boosta
6	ti i	2	Nastawa części całkującej regulatora prądu boosta
7	PWM [%]	2	Wypełnienie boosta
8	Max pwm [%]	2	Maksymalne wypełnienie boosta
9	Dc curr limit [A]	2	Limit wartości prądu wejściowego
10	Mppt type	2	Rodzaj algorytmu MPPT
11	Enable string	2	Zezwolenie na działanie wejścia
12	Stala filtr user [ms]	2	Nieużywany
13	Sala filtr prad [ms]	2	Stała filtrowania prądu
14	Czas ramp iref	2	Czas rampy prądu przy pierwszym uruchomieniu
30	Prad nom. turb. [A]	1	prąd nominalny DC generatora
31	Czest. 1 [Hz]	1	częstotliwość punktu 1 charakterystyki obciążenia
32	Prad I1 [%]		wartość prądu obciążenia w punkcie 1 podawana jako % prądu nominalnego
...	...	1	...

61	Czest. 16 [Hz]	1	częstotliwość punktu 16 charakterystyki obciążenia
62	Prad I16 [%]	1	wartość prądu obciążenia w punkcie 16 charakterystyki, podawana jako % w stosunku od prądu nom

GRUPA 4 (serwisowa, zabezpieczona hasłem) – wejście 3

Nr	Nazwa	Poziom dostępu	Opis
1	Uin autostop [V]	1	Napięcie przy którym wyłącza się boost wejścia 3
2	Uref [V]	2	Napięcie zadane boosta
3	Kp u	2	Nastawa części proporcjonalnej regulatora napięcia boosta
4	Ti u	2	<i>Nastawa części całkującej regulatora napięcia boosta</i>
5	Kp i	2	Nastawa części proporcjonalnej regulatora prądu boosta
6	ti i	2	Nastawa części całkującej regulatora prądu boosta
7	PWM [%]	2	Wypełnienie boosta
8	Max pwm [%]	2	Maksymalne wypełnienie boosta
9	Dc curr limit [A]	1	Limit wartości prądu wejściowego
10	Mppt type	2	Rodzaj algorytmu MPPT
11	Enable string	2	Zezwolenie na działanie wejścia
12	Stala filtr user [ms]	2	Nie używany
13	Sala filtr prad [ms]	2	Stala filtrowania prądu
14	Czas ramp iref	2	Czas rampy prądu przy pierwszym uruchomieniu

GRUPA 5 (serwisowa, zabezpieczona hasłem) – bateria akumulatorów

Nr	Nazwa	Poziom dostępu	Opis
1	UDC on break [V]	1	Napięcie obwodu DC przy którym załącza się hamulec ładowarki
2	UDC on charge [V]	2	Napięcie obwodu DC przy którym ładowarka zaczyna ładować
3	UDC off charge [V]	2	Napięcie obwodu DC przy którym ładowarka zaczyna rozładować
4	Curr. Limit char [A]	1	Limit prądu ładowania
5	Curr. Limit dos [A]	1	Limit prądu ładowania
6	Umax battery [V]	1	Maksymalne napięcie akumulatorów
7	Umin battery [V]	1	Minimalne napięcie akumulatorów
8	Tmax battery [°C]	1	Maksymalna temperatura akumulatorów
9	Block run	1	Blokada działania ładowarki 0 → ładowarka ładuje 1 → ładowarka nie działa
10	Un	1	Nominalne napięcie akumulatorów

11	Delta lbat	1	Próg rozładowania akumulatorów przy którym rozpoczyna się ich awaryjne ładowanie. Inwerter w pierwszej kolejności próbuje uzyskać energię ze źródła energii odnawialnej (panele fotowoltaiczne, generator wiatrowy), ale jeśli ilość generowanej energii elektrycznej jest zbyt mała to w zależności od trybu pracy: a. on-grid: do ładowania baterii pobierze energię z sieci energetycznej, b. off-grid: zablokuje możliwość dalszego rozładowywania podłączonej baterii akumulatorów.
12	Power limit EG	1	Limit mocy odbiorów przy działaniu z Energy Guard minus oznacza możliwość oddawania energii do sieci

GRUPA 10 (serwisowa, zabezpieczona hasłem)

Nr	Nazwa	Poziom dostępu	Opis
1	SPI	2	Parametr do podglądu przez przystawkę SPI
2	U RMS gen. Ham [V]	2	Napięcie RMS generatora od której dołączone zostaje obciążenie "Rezystory" (styki rozwiernie 8A/250 Vac)
3	Czest. Gen. ham [Hz]	1	Częstotliwość generatora od której dołączone zostaje obciążenie "Rezystory"
4	Min czas ham. [s]	1	Minimalny czas dołączenia obciążenia „Rezystory”
5	Hist. ham. Off [%]	1	Histeresa określona w % w stosunku do wartości podanych w parametrze 2 i 3, podająca progi zwolnienia obciążenia
6	Metrow / 10imp [m/s]	1	Prędkość wiatru odpowiadająca 10 impulsom z wiatromierza
7	Ogon freq max [Hz]	2	Częstotliwość generatora powyżej której załączany jest przekaźnik K2
8	Ogon freq min [Hz]	2	Częstotliwość generatora poniżej której załączany jest przekaźnik K1
9	Ogon freq opt [Hz]	2	Częstotliwość generatora po przekroczeniu której wyłączany jest przekaźnik K1 lub K2
10	Ogon Urms max [V]	2	Napięcie powyżej którego załączany jest przekaźnik K2 i ewentualnie wyłączany przekaźnik K1
11	Ogon t1 [s]	2	Minimalny czas załączenia przekaźnika K2
12	Load default	2	Załadowanie parametrów domyślnych
13	Power hysteresis	2	Parametr MPPT
14	Global mppt scan	1	Czas pomiędzy skanami globalnego MPPT; 0 min. ozn. wyłączenie globalnego MPPT
15	windType	2	Rodzaj algorytmu obciążania wejścia wiatrowego w zależności od prędkości wiatru
16	antiland	2	Zabezpieczenie przed pracą wyspą
17	Ugadna start b	2	Parametr energy guard
18	Uganda start ni	2	Parametr energy guard
19	Uganda start pea	2	Parametr energy guard
20	Erase all plots	2	Wykasowanie wszystkich wykresów
21	Set 0-999W	2	Parametr serwisowy
22	Set 0-999kW	2	Parametr serwisowy
23	Set 0-999MW	2	Parametr serwisowy

24	Set power =0	2	Parametr serwisowy
25	Set run day	2	Parametr serwisowy
26	Set run hour	2	Parametr serwisowy
27	Set run=0	2	Parametr serwisowy
28	Erase events	2	Wykasowanie logów awarii
29	Phase guard	1	Określenie fazy przy stosowaniu Energy guard
30	MAC 1	2	Adres MAC
31	MAC 2	2	Adres MAC
32	MAC 3	2	Adres MAC
33	MAC 4	2	Adres MAC
34	MAC 5	2	Adres MAC
35	MAC 6	2	Adres MAC
36	Inv. Name 1	2	Numer seryjny inwertera
37	Inv. Name 2	2	Numer seryjny inwertera
38	Inv. Name 3	2	Numer seryjny inwertera
39	Inv. Name 4	2	Numer seryjny inwertera
40	Inv. Name 5	2	Numer seryjny inwertera
41	Inv. Name 6	2	Numer seryjny inwertera
42	Inv. Year 1	2	Rok produkcji inwertera
43	Inv. Year 2	2	Rok produkcji inwertera
44	Erase PAR&ITR	2	Wykasowanie nastaw parametrów wewnętrznych inwertera
45	Ogon fmax stop	2	Częstotliwość generatora powyżej której załączany jest przełącznik K2 – podczas pomiaru parametrów sieci.
46	Ogon fmin stop	2	Częstotliwość generatora poniżej której załączany jest przełącznik K1 – podczas pomiaru parametrów sieci.
47	Ogon Fopt stop	2	Częstotliwość generatora po przekroczeniu której wyłączany jest przełącznik K1 lub K2 – podczas pomiaru parametrów sieci.
48	Wysoki wiatr próg	1	Prędkość wiatru która powoduje zadziałanie zabezpieczenia sztormowego
49	Wysoki wiatr czas	1	Czas załączenia zabezpieczenia sztormowego

GRUPA 11 (serwisowa, zabezpieczona hasłem) – parametry sieciowe

Nr	Nazwa	Poziom dostępu	Opis
1	OverVoltageSt2	2	Próg zabezpieczenia nadnapięciowego: poziom 2 (bezwłoczny)
2	OverVoltageSt1	2	Próg zabezpieczenia nadnapięciowego poziom 1 zwłoczny
3	UnderVoltage	2	Próg zabezpieczenia podnapięciowego
4	OverFreq	2	Próg zabezpieczenia nadczęstotliwościowego
5	UnderFreq	2	Próg zabezpieczenia podczęstotliwościowego
6	OverFreqTime	2	Czas zwłoki zadziałania zabezpieczenia nadczęstotliwościowego
7	UnderFreqTime	2	Czas zwłoki zadziałania zabezpieczenia podczęstotliwościowego

8	OverVoltageSt2Time	2	Czas zwłoki zadziałania zabezpieczenia nadnapięciowego poziom 2
9	OverVoltageSt1Time	2	Czas zwłoki zadziałania zabezpieczenia nadnapięciowego poziom 1
10	UnderVoltageTime	2	Czas zwłoki zadziałania zabezpieczenia podnapięciowego
11	MinFReconnect	2	Minimalna częstotliwość sieci przy ponownym podłączeniu
12	MaxFReconnect	2	Maksymalna częstotliwość sieci przy ponownym podłączeniu
13	MinURereconnect	2	Minimalne napięcie sieci przy ponownym podłączeniu
14	MaxURereconnect	2	Maksymalne napięcie sieci przy ponownym podłączeniu
15	MinFStart	2	Minimalna częstotliwość sieci przy rozpoczęciu pracy
16	MaxFStart	2	Maksymalna częstotliwość sieci przy rozpoczęciu pracy
17	MinUStart	2	Minimalne napięcie sieci przy rozpoczęciu pracy
18	MaxUStart	2	Maksymalne napięcie sieci przy rozpoczęciu pracy
19	GridObservationTime	2	Czas pomiaru parametrów sieci energetycznej przed rozpoczęciem pracy
20	Reconn.PowerRamp	2	Czas po ponownym podłączeniu w którym limit mocy na wyjściu inwertera narasta od 0 do mocy nominalnej
21	StartingPowerRamp	2	Czas po rozpoczęciu pracy w którym limit mocy na wyjściu inwertera narasta od 0 do mocy nominalnej
22	ReducePowerFreq	2	Próg częstotliwości sieci od którego zaczyna być ograniczany limit mocy wyjściowej inwertera
23	OverFreqDroop	2	Procentowy spadek limitu mocy wyjściowej inwertera wraz ze wzrostem częstotliwości sieci powyżej progu zadziałania
24	CosPhi	2	Określa $\cos\phi$ prądu wyjściowego oraz rodzaj mocy biernej inwertera (pojemnościowa/indukcyjna)
25	Rocof Ramp	2	Wartość zabezpieczenia Rocof

13. Awarie

Wystąpienie awarii jest sygnalizowane zaświeceniem się czerwonej diody (rys. 6.1). W parametrze 0.60 można odczytać numer bieżącej awarii, a w param. 0.61 numer awarii poprzedniej. W tabeli 13.1 zestawiono numery awarii wraz z ich opisami.

Po zaistnieniu przyczyny mogącej uszkodzić inwerter układ przechodzi w stan awarii. W zależności od nastawy param. 1.25:

- par. 1.25 „Autorestart” = 0 (wyłącz): zapali się czerwona dioda i inwerter pozostanie w stanie awarii aż do jej skasowania przez użytkownika,
- par. 1.25 „Autorestart” = 1 (włącz): inwerter będzie próbował samodzielnie wznowić pracę.

W sytuacji gdy parametr 1.25 „Autorestart” zostanie ustawiony na 1 układ po 10 sekundach automatycznie skasuje komunikat o awarii i spróbuje samodzielnie wznowić działanie. W sytuacji gdy ta sama awaria powtórzy się trzy razy, układ przejdzie w stan awarii. Na wyświetlaczu zapali się czerwona dioda światłem ciągłym.

Tabela 13.1. Wykaz kodów awarii inwertera

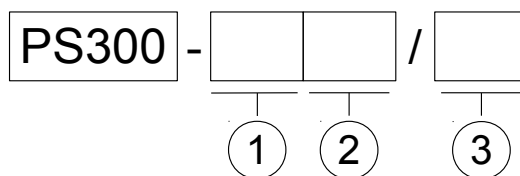
Nr awarii	Rodzaj usterki	Opis	Przeciwdziałanie
0	Brak usterki	Układ pracuje poprawnie.	-
1	Zbyt wysoka temperatura	Temperatura radiatora przekroczyła 85 °C.	Odczekać aż urządzenie ostygnie.
2	Uszkodzony czujnik temperatury	Wskazania z czujnika temperatury są nieprawidłowe	Skontaktować z serwisem.

Nr awarii	Rodzaj usterki	Opis	Przeciwdziałanie
10	Błąd CRC	Nieprawidłowa suma kontrolna pamięci wewnętrznej.	Wgrać parametry domyślne, skontaktować z serwisem.
20	Doziemienie	Zbyt duża wartość prądu upływu.	Sprawdzić poprawność podłączenia układu.
30	Wysokie Udc	Zbyt wysokie napięcie na kondensatorach obwodu pośredniczącego DC.	1. Sprawdzić konfigurację podłączenia elektrycznego paneli fotowoltaicznych pod kątem napięcia wyjściowego (ilość paneli w szeregu) 2. Sprawdzić podłączenie rezystora hamującego w przypadku zastosowania generatora synchronicznego.
31	Wysokie U_IN1	Zbyt wysokie napięcie na wejściu 1.	1. Sprawdzić konfigurację podłączenia elektrycznego paneli fotowoltaicznych pod kątem napięcia wyjściowego (ilość paneli w szeregu)
32	Wysokie U_IN2	Zbyt wysokie napięcie na wejściu 2.	1. Sprawdzić konfigurację podłączenia elektrycznego paneli fotowoltaicznych pod kątem napięcia wyjściowego (ilość paneli w szeregu) 2. Sprawdzić podłączenie rezystora hamującego w przypadku zastosowania generatora synchronicznego.
36	Tętnienia napięcia wejściowego	Zbyt duże zmiany napięcia wejściowego.	Sprawdzić poprawność podłączenia instalacji. Sprawdzić wartość napięć międzyfazowych w generatorze.
37	Niskie Udc	Zbyt niskie napięcie na kondensatorach obwodu pośredniczącego DC.	Sprawdzić czy moc źródeł energii jest wystarczająca lub większa od mocy odbiorów podłączonych do inwertera.
38	Wysokie Udc <i>awaria sprzętowa</i>	Zbyt wysokie napięcie na kondensatorach obwodu pośredniczącego DC.	1. Sprawdzić konfigurację podłączenia elektrycznego paneli fotowoltaicznych pod kątem napięcia wyjściowego (ilość paneli w szeregu). 2. Sprawdzić podłączenie rezystora hamującego w przypadku zastosowania generatora synchronicznego.
50	Zwarcie <i>awaria sprzętowa</i>	Zabezpieczenie sprzętowe zarejestrowało wystąpienie zwarcia tranzystorów.	Sprawdzić poprawność podłączenia przewodu sieciowego.
60	Wysoki prąd <i>awaria sprzętowa</i>	Amplituda prądu pobieranego ze źródeł lub prądu sieciowego osiągnęła wartość przekraczającą limit.	Sprawdzić pomiar prądu wejściowego oraz pomiar napięcia w obwodzie pośredniczącym. Sprawdzić zadane napięcie w obwodzie pośredniczącym.
61	Wysoki prąd wejście 1	Amplituda prądu wejściowego na wejściu 1 osiągnęła wartość przekraczającą limit.	Sprawdzić pomiar prądu wejściowego oraz pomiar napięcia w obwodzie pośredniczącym. Sprawdzić zadane napięcie w obwodzie pośredniczącym.
62	Wysoki prąd wejście 2	Amplituda prądu wejściowego na wejściu 2 osiągnęła wartość przekraczającą limit.	Sprawdzić pomiar prądu wejściowego oraz pomiar napięcia w obwodzie pośredniczącym. Sprawdzić zadane napięcie w obwodzie pośredniczącym.
65	Zbyt wysoki prąd wyjściowy	Amplituda prądu oddawanego do sieci osiągnęła wartość przekraczającą limit.	jw.

Nr awarii	Rodzaj usterki	Opis	Przeciwdziałanie
66	Przeciążenie	Długotrwała wartość prądu wyjściowego powyżej prądu nominalnego.	Sprawdzić czy moc podłączonych odbiorników nie przekracza mocy inwertera. Sprawdzić $\cos\varphi$ zainstalowanych odbiorników.
67	Zapad napięcia wyjściowego	Wartość napięcia generowanego spadła poniżej progu.	Sprawdzić czy moc odbiorników w czasie ich rozruchu nie jest większa niż 150% mocy nominalnej inwertera.
70	Błąd warystora	Wykryto uszkodzenie warystorów.	Skontaktować się z producentem.
71	Niska rezystancja wejścia 1	Wykryto zbyt niską rezystancję pomiędzy wejściem 1 a PE.	Sprawdzić poprawność instalacji. Zmierzyć rezystancję biegunów instalacji względem PE.
72	Niska rezystancja wejścia 2	Wykryto zbyt niską rezystancję pomiędzy wejściem 2 a PE.	Sprawdzić poprawność instalacji. Zmierzyć rezystancję biegunów instalacji względem PE.
73	Niska rezystancja wejścia -DC	Wykryto zbyt niską rezystancję pomiędzy -DC a PE.	Sprawdzić poprawność instalacji. Zmierzyć rezystancję biegunów instalacji względem PE.
80	Timeout	Przekroczenie czasu odpowiedzi w wewnętrznej magistrali komunikacyjnej inwertera.	Sprawdzić podłączenie tasiemek komunikacyjnych wewnątrz inwertera. W przypadku częstej awarii skontaktować się z serwisem.
81	Błąd komunikacji	Błędne dane w wewnętrznej magistrali komunikacyjnej inwertera.	Sprawdzić podłączenie tasiemek komunikacyjnych wewnątrz inwertera. W przypadku częstej awarii skontaktować się z serwisem.
91	Niska częstotliwość sieci - praca	Jakość sieci w czasie pracy inwertera nie spełnia norm bądź układ pomiarowy inwertera uległ uszkodzeniu.	Sprawdzić częstotliwość napięcia sieci. W przypadku powtarzającej się awarii należy skontaktować się z serwisem.
92	Wysoka częstotliwość sieci - praca		
93	Niskie napięcie sieci - praca	Napięcie RMS sieci w czasie pracy inwertera wykracza poza wartość określoną w normach jakości sieci.	Sprawdzić wartość napięcia sieci. W przypadku powtarzającej się awarii należy skontaktować się z serwisem.
94	Wysokie napięcie sieci - praca		
95	Uref limit	Sieć elektryczna nie jest podłączona do urządzenia – zabezpieczenie antywypowe.	Upewnić się, że sieć elektryczna jest podpięta i załączona.
96	Niska częstotliwość sieci - monitoring	Jakość sieci w czasie podłączania się do sieci nie spełnia norm bądź układ pomiarowy inwertera uległ uszkodzeniu.	Sprawdzić częstotliwość napięcia sieci. W przypadku powtarzającej się awarii należy skontaktować się z serwisem.
97	Wysoka częstotliwość sieci - monitoring		
98	Niskie napięcie sieci - monitoring	Napięcie RMS sieci w czasie podłączania do sieci wykracza poza wartość określoną w normach jakości sieci.	Sprawdzić wartość napięcia sieci. W przypadku powtarzającej się awarii należy skontaktować się z serwisem.
99	Wysokie napięcie sieci - monitoring		

Uwaga: Układ monitoruje sieć elektryczną przez czas 60 sekund przed rozpoczęciem pracy. Po wystąpieniu awarii o nieprawidłowych parametrach energii elektrycznej w sieci (awarie 91+94) lub awarii regulatora prądu sieci (awaria 95), przed ponownym rozpoczęciem pracy układ także monitoruje sieć elektryczną przez czas 60 sekund.

14. Oznaczenia kodowe do zamówień



1. Typ wejścia:

PV – fotowoltaiczne:

WT – generatora synchronicznego: jedno wejście

H – hybrydowe.

2. Wbudowana ładowarka baterii akumulatorów:

„**bez oznaczenia**” – brak, produkt nie występuje w wersji z ładowarką

3. Moc inwertera:

3 kW

5 kW

8 kW

10 kW

15. Warunki gwarancji

Układ objęty jest gwarancją zgodnie z informacjami zawartymi w Karcie gwarancyjnej.

16. Deklaracja zgodności UE



DEKLARACJA ZGODNOŚCI UE



My:

Nazwa producenta: **Zakład Energoelektroniki TWERD Sp. z o.o.**Adres producenta: **Aleksandrowska 28-30
87-100 Toruń, Polska**Telefon: **+48 56 654-60-91**WWW, e-mail: **www.twerd.pl twerd@twerd.pl**

oświadczamy na wyłączną odpowiedzialność, że produkt:

Nazwa produktu: **Przekształtnik OZE**Typ: **PS300**Zakres mocy: **3,0 kW ÷ 10,0 kW**zainstalowany i użytkowany zgodnie z zaleceniami niniejszej *Instrukcji Obsługi* spełnia wymagania Polskich Norm:Bezpieczeństwo: **PN-EN 50178:2003
PN-EN 60204-1:2010
PN-EN 61800-5-1:2007**EMC: **PN-EN 61800-3:2008**

będących odpowiednikami Norm Europejskich, zharmonizowanych z dyrektywami:

2014/35/UE Urządzenia elektryczne niskonapięciowe (LVD)

2014/30/UE Kompatybilność Elektromagnetyczna (EMC)

TWERD Sp. z o.o.

mgr inż. Michał Twerd
Prezes ZarząduMichał Twerd
Prezes Zarządu
Zakład Energoelektroniki TWERD
 Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością
 87-100 Toruń, ul. Aleksandrowska 28-30
 tel. 56 654 60 91
 NIP 9562337873 REGON 380968365
 KRS 0000743046

Data podpisania: 2019.07.24

Zakład Energoelektroniki TWERD Sp. z o.o.

ul. Aleksandrowska 28-30
87-100 Toruń, PL

tel: +48 56 654 60 91
e-mail: twerd@twerd.pl
www.twerd.pl



Projektowanie - Produkcja - Serwis