Ładowanie akumulatora z agregatu przez wejście PV falownika: układ z mostkiem diodowym

Nie ma prądu, mało słońca, ale jest agregat – a falownik go „nie widzi", ładowanie skacze albo przekaźniki klikają co pół minuty. Jest prosty inżynierski sposób: wyprostować napięcie agregatu mostkiem diodowym i podać je na **wejście fotowoltaiczne (PV)** falownika hybrydowego. Falownik potraktuje agregat jak bardzo mocny panel fotowoltaiczny i spokojnie naładuje akumulator przez swój regulator MPPT. Poniżej wyjaśniamy, jak to działa, jaki układ zbudować, jakie części kupić, jak ustawić falownik i gdzie są główne zagrożenia.

> **W skrócie.** 230 V napięcia przemiennego po mostku diodowym daje około **300–330 V stałego**. Większość falowników hybrydowych 24 i 48 V przyjmuje na wejściu PV do 450–500 V, więc zapas jest wystarczający. Warunki obowiązkowe: tylko **jedna faza 230 V**, ograniczenie prądu ładowania do mocy agregatu, przełącznik „Słońce / 0 / Agregat", bezpieczniki, wyłącznik DC i prawidłowe uziemienie.

Jak to działa

Agregat daje napięcie przemienne 230 V, więc jego wartość szczytowa wynosi 230 × 1,414 ≈ **325 V**. Mostek diodowy (cztery diody połączone w romb) przepuszcza obie połówki fali w jedną stronę i na wyjściu napięcie ma jedną biegunowość. Kondensatory wejściowe falownika wygładzają tętnienia, a regulator MPPT widzi prawie równe napięcie około 300–325 V, jakby podłączono do niego łańcuch 7–8 paneli fotowoltaicznych.



Przebieg napięcia przed mostkiem, za mostkiem i na wejściu falownika

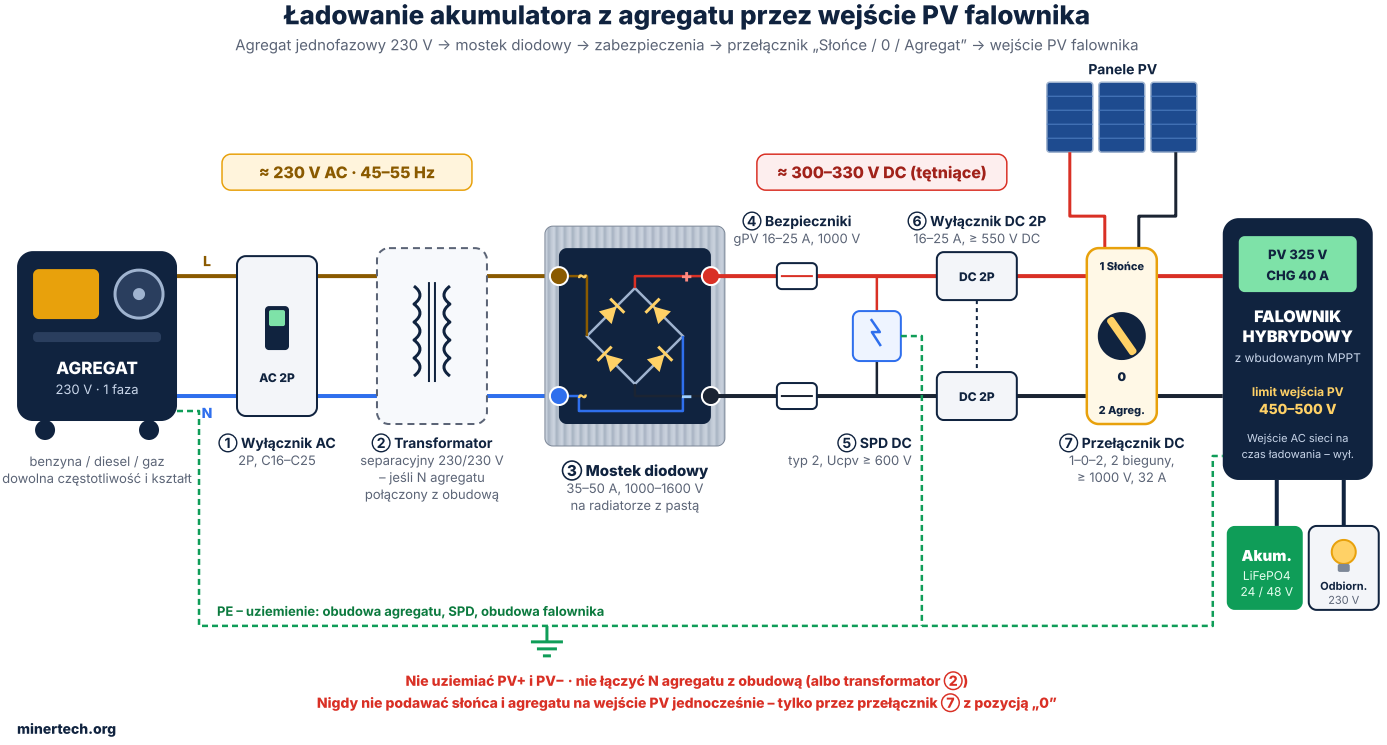
Dalej MPPT robi to samo co z panelami: obniża napięcie do poziomu akumulatora i go ładuje, a przy okazji zasila odbiorniki. Falownik nie musi synchronizować się z agregatem pod względem częstotliwości i fazy, więc nie ma dla niego znaczenia, jak „czysta" jest sinusoida agregatu i czy częstotliwość pływa.

Po co to, skoro jest wejście AC

Standardowy sposób ładowania z agregatu to podanie 230 V na wejście AC falownika (najlepiej w trybie „Generator" / APL). Jeśli agregat jest dobry, tak właśnie zrób. Układ z mostkiem ratuje sytuację, gdy standardowy sposób nie działa dobrze.

	Przez wejście AC (standardowo)	Przez mostek na wejście PV
Niestabilna częstotliwość, „brudna" sinusoida	Falownik odrzuca agregat, przekaźnik klika, „Fault"	Bez różnicy: działa przy dowolnej częstotliwości i kształcie
Spadki napięcia agregatu	Falownik odłącza się od wejścia	MPPT po prostu pobiera trochę mniej mocy
Co dostają odbiorniki	W trybie bypass – napięcie agregatu	Zawsze czystą sinusoidę falownika
Wejście AC	Zajęte przez agregat	Wolne
Maksymalna moc ładowania	Ograniczona ładowarką sieciową	Ograniczona przez MPPT (jego prąd ładowania)
Panele fotowoltaiczne	Pracują równolegle	Na ten czas odłączone (przełącznik)
Straty	Minimalne	+2–3% na mostku, mostek się nagrzewa
Gwarancja falownika	Tryb standardowy	Niestandardowe użycie wejścia PV

Schemat podłączenia



Schemat ideowy: agregat → wyłącznik → (transformator) → mostek diodowy → bezpieczniki → ogranicznik przepięć → wyłącznik DC → przełącznik → wejście PV

1. **Wyłącznik nadprądowy AC 2P** na wyjściu agregatu (C16 dla 2–3 kW, C25 dla 4–6 kW). Chroni przewody do mostka i pozwala odłączyć agregat.

2. **Transformator separacyjny 230/230 V** – tylko jeśli przewód neutralny agregatu jest połączony z jego obudową lub z uziemieniem (patrz rozdział „Uziemienie"). Większość przenośnych agregatów go nie potrzebuje.
3. **Mostek diodowy** 35–50 A i 1000–1600 V, przykręcony do aluminiowego radiatora przez pastę termoprzewodzącą.
4. **Bezpieczniki gPV** 16–25 A i 1000 V DC na plusie i minusie (podstawy na szynę DIN).
5. **Ogranicznik przepięć (SPD) prądu stałego**, typ 2, Ucpv ≥ 600 V – tłumi skoki napięcia, które agregat daje przy zrzucie obciążenia.
6. **Wyłącznik DC 2P** 16–25 A i co najmniej 550 V DC (lepiej 1000 V). To nim włącza się i wyłącza ładowanie.
7. **Przełącznik DC „1–0–2"**, dwubiegunowy, od 1000 V i 32 A: pozycja 1 – panele fotowoltaiczne, 0 – wszystko odłączone, 2 – agregat. Paneli i agregatu nie wolno łączyć równolegle.

Sprawdzenie napięcia: czy falownik to wytrzyma

```
Napięcie szczytowe = U_AC × 1,414 − 2 × 1 V (spadek na diodach)
Agregat 230 V → 230 × 1,414 − 2 ≈ 323 V w normie
Agregat „zawyża" do 250 V → 352 V w normie
Bez obciążenia, skok do 265 V → 373 V w normie, zapas do 450–500 V
Trójfazowy, między dwiema fazami 400 V → 564 V ZABRONIONE — spali wejście
```

> **Tylko faza i przewód neutralny, 230 V.** Agregat trójfazowy podłączaj tylko jedną fazą i przewodem neutralnym (L–N). Napięcie między dwiema fazami (400 V) daje za mostkiem około 565 V, a to więcej niż limit wejścia PV każdego z naszych falowników hybrydowych. Z tego samego powodu nie wolno stosować mostka trójfazowego na agregacie trójfazowym.

Które falowniki się nadają

Sprawdziliśmy wszystkie falowniki hybrydowe z katalogu minertech.org według ich danych technicznych. Najważniejsze to maksymalne napięcie wejścia PV i zakres MPPT: 300–330 V musi mieścić się w zakresie, a 375 V (skok napięcia agregatu) – poniżej maksimum.

Falownik	Akumulator	Maks. PV	Zakres MPPT	Maks. moc PV	Nadaje się
EASUN SMS-6.5KP 6,5 kW 48 V WiFi	48 V	500 V	60–450 V	9000 W	Tak
POWGROW SMS-6.5KP 6,5 kW 48 V	48 V	500 V	60–450 V	9000 W	Tak
POWLAND SMS-6.5KP 6,5 kW 48 V WiFi	48 V	500 V	60–450 V	9000 W	Tak
JSDsolar J6500HC 6,5 kW 48 V	48 V	500 V	60–450 V	9000 W	Tak
GSIKE 6,2 kW 48 V WiFi	48 V	500 V	60–500 V	6500 W	Tak

EASUN SMT-6.2KW 6,2 kW 48 V	48 V	500 V	60–500 V	8500 W	**Tak**
GSIKE 11 kW 48 V WiFi	48 V	500 V	60–500 V	2 × 5500 W	**Tak** na jednym z dwóch wejść PV
POWLAND SMS-12KW 12 kW 48 V WiFi	48 V	500 V	60–450 V	15 000 W	**Tak**
JSDsolar J12000HC 12 kW 48 V WiFi	48 V	500 V	60–450 V	2 × 7500 W	**Tak** na jednym z dwóch wejść PV
POWGROW SMS-5kW 24 V	24 V	500 V	60–450 V	9000 W	**Tak**
POWLAND SMS-5kW 24 V WiFi	24 V	500 V	60–450 V	9000 W	**Tak**
ECGSOLAX HVM 5 kW 24 V WiFi	24 V	500 V	60–450 V	9000 W	**Tak**
Aninerel ANL-4200T 4,2 kW 24 V	24 V	500 V	60–500 V	5000 W	**Tak**
ANENJI ANJ-4000 4,2 kW 24 V WiFi	24 V	500 V	60–500 V	4500 W	**Tak**
JSDsolar J4000E 4 kW 24 V	24 V	500 V	40–450 V	5000 W	**Tak**
EASUN SMT-4KW 24 V	24 V	500 V	60–500 V	4000 W	**Tak**
ECGSOLAX HVM 3,6 kW 24 V	24 V	500 V	40–450 V	5000 W	**Tak**
POWGROW 3,6 kW 24 V	24 V	450–500 V	40–450 V	5000 W	**Tak**
DATOU BOSS 3,3 kW 24 V	24 V	500 V	40–450 V	5000 W	**Tak**
EASUN SMT-2KW 12 V	12 V	500 V	30–500 V	2000 W	**Tak, agregat do 2 kW**
ECGSOLAX HVM 1,2 kW 12 V	12 V	115 V	17–115 V	800 W	**NIE wolno**
ECGSOLAX 1 kW 12 V	12 V	150 V	20–150 V	600 W	**NIE wolno**

Dane z kart technicznych producentów. Przed podłączeniem sprawdź naklejkę na obudowie swojego falownika: jeśli podano tam inną wartość „PV max", kieruj się naklejką.

> **Modele 12 V z wejściem PV 115–150 V** (ECGSOLAX HVM 1,2 kW i ECGSOLAX 1 kW) **nie wytrzymają** tego układu: 325 V natychmiast uszkodzi wejście. W ich przypadku ładowanie z agregatu – tylko przez wejście AC.

Najważniejsza zasada: ogranicz prąd ładowania

MPPT zawsze szuka punktu **maksymalnej** mocy. Z panelami to dobrze, a z agregatem niebezpiecznie: regulator będzie zwiększał prąd, dopóki napięcie nie zacznie spadać, czyli dopóki agregat się nie przeciąży. Dlatego moc pobieraną przez falownik trzeba ograniczyć ręcznie – parametrem **„Maksymalny prąd ładowania"** w menu falownika.

Mostek diodowy z kondensatorami pobiera prąd krótkimi impulsami na szczytach sinusoidy, dlatego agregat nagrzewa się mocniej niż przy zwykłym obciążeniu. Utrzymuj łączną moc (ładowanie + odbiorniki) w granicach **60% mocy znamionowej agregatu**.

```
Prąd ładowania = 0,6 × P_agregatu × 0,95 (sprawność MPPT) ÷ napięcie ładowania
Napięcie ładowania: 28 V dla akumulatora 24 V, 56 V dla akumulatora 48 V
Przykład: agregat 3 kW, akumulator 48 V → 0,6 × 3000 × 0,95 ÷ 56 ≈ 30,5 A → ustawiamy 30 A
```

Agregat (moc znamionowa)	Można pobierać	Prąd ładowania, akumulator 24 V	Prąd ładowania, akumulator 48 V
2 kW	1,2 kW	40 A	20 A
3 kW	1,8 kW	60 A	30 A
5 kW	3,0 kW	100 A	50 A
6,5 kW	3,9 kW	maks. falownika	60 A
8 kW	4,8 kW	maks. falownika	80 A

Wartości podano dla ładowania **bez** odbiorników. Jeśli podczas ładowania w domu pracują urządzenia, MPPT zasila także je, czyli pobiera z agregatu więcej. Na każdy 1 kW odbiorników zmniejsz prąd ładowania o około **35 A** (akumulator 24 V) lub **17 A** (akumulator 48 V). Mocne urządzenia (bojler, grzejnik, piekarnik) lepiej na czas ładowania wyłączyć.

> **Jak sprawdzić w praktyce.** Obserwuj napięcie PV na ekranie falownika. Przy prawidłowo obciążonym agregacie utrzymuje się na poziomie 290–325 V. Jeśli spada poniżej 270 V, a agregat „buczy" i traci obroty, zmniejsz prąd ładowania o 10–20 A.

Dobór części

Część	Agregat do 3 kW	Agregat 3–6,5 kW	Na co zwrócić uwagę
Mostek diodowy	35 A, 1000 V (obudowa KBPC3510)	50 A, 1000–1600 V (KBPC5010 lub moduł 1600 V)	Zapas prądowy 2× ze względu na impulsowy charakter prądu
Radiator	od 100 × 80 mm, żebrowany	od 150 × 100 mm lub z wentylatorem	Mostek rozprasza 20–40 W ciepła; pasta termoprzewodząca obowiązkowa
Przewód	2,5–4 mm²	4–6 mm²	Po stronie DC – przewód solarny z podwójną izolacją
Wyłącznik AC 2P	C16	C25	Nie więcej, niż wytrzymuje gniazdo agregatu
Bezpieczniki gPV	16 A, 1000 V	20–25 A, 1000 V	Właśnie gPV (do prądu stałego), nie domowe
Wyłącznik DC 2P	16 A, ≥ 550 V DC	25 A, ≥ 550 V DC	Zwykły wyłącznik prądu przemiennego nie przerwie łuku przy 300 V DC
Ogranicznik przepięć (SPD)	DC typ 2, Ucpv 600–1000 V		Podłączany do PE
Przełącznik	DC „1–0–2", 2 bieguny, 1000 V, 32 A		Koniecznie z pozycją „0"

Wszystko oprócz agregatu mieści się w małej plastikowej rozdzielnicy na 12–18 modułów. Mostek z radiatorem montuje się w rozdzielnicy z otworami wentylacyjnymi lub osobno, ale tak, aby nie dało się dotknąć ręką jego zacisków.

Kondensator: dawać czy nie

We wejściu PV falownika są już duże kondensatory, które wygładzają napięcie za mostkiem. Dodatkowy duży kondensator elektrolityczny jest **niepotrzebny, a nawet szkodliwy**: w chwili włączenia daje duży udar prądu przez mostek, a podczas pracy jeszcze bardziej „wyostrza" impulsy prądu i grzeje agregat. Falownik świetnie działa bez niego.

Uziemienie i bezpieczeństwo

Za mostkiem nie ma separacji galwanicznej. Oba przewody, „+" i „−", mają niebezpieczne napięcie względem ziemi. Dlatego:

- **Nie uziemiaj PV+ ani PV−** – ani na falowniku, ani na mostku.
- **Przewód neutralny agregatu nie może być połączony z jego obudową.** Przy wyłączonym agregacie zmierz multimetrem rezystancję między stykiem N gniazda a obudową. Jeśli jest 0 Ω (zworka), albo usuń zworkę (jeśli agregat służy tylko do tego układu), albo zastosuj transformator separacyjny 230/230 V o odpowiedniej mocy.
- **Na czas ładowania odłącz sieć od wejścia AC falownika** (wyłącz wyłącznik wejściowy). Inaczej powstaje zamknięta pętla przez uziemiony przewód neutralny sieci, diody mostka i część mocy falownika.
- **Obudowy** agregatu, falownika i rozdzielnicy, a także zacisk PE ogranicznika przepięć połącz z uziemieniem.
- Nie dotykaj zacisków mostka i przewodów DC pod napięciem: 300 V prądu stałego jest groźniejsze niż 230 V przemiennego.

Przed pierwszym uruchomieniem sprawdź biegunowość multimetrem w trybie DC: plus mostka musi iść na PV+ falownika. Sprawdź też, czy w pozycji przełącznika „2" panele są całkowicie odłączone.

Ustawienia falownika

- **Maksymalny prąd ładowania** – według tabeli powyżej, z poprawką na odbiorniki.
- **Priorytet źródła ładowania** – „Najpierw słońce" albo „Tylko słońce", aby falownik nie próbował ładować się także z wejścia AC.
- **Priorytet zasilania odbiorników** – SBU albo „Najpierw słońce": wtedy odbiorniki dostają energię agregatu przez MPPT, a akumulator tylko uzupełnia.
- Parametrów akumulatora (typ, napięcie ładowania i odcięcia) nie zmieniaj – są takie same dla słońca i agregatu.

Numery pozycji menu różnią się w zależności od modelu: znajdziesz je w instrukcji obsługi swojego falownika na stronie produktu w minertech.org.

Kolejność włączania i wyłączania

Włączanie

1. Wyłączniki AC i DC wyłączone, przełącznik w pozycji „0”.
2. Odłącz sieć od wejścia AC falownika.
3. Uruchom agregat i daj mu 1–2 minuty na rozgrzanie.
4. Włącz wyłącznik AC.
5. Przełącznik w pozycję „2 Agregat”.
6. Włącz wyłącznik DC. W ciągu 10–60 sekund falownik zacznie ładowanie.
7. Sprawdź na ekranie napięcie PV i prąd ładowania.

Wyłączanie

1. Wyłącz wyłącznik DC.
2. Przełącznik w pozycję „0”.
3. Wyłącz wyłącznik AC.
4. Wyłącz agregat.
5. Ustaw przełącznik z powrotem na „1 Słońce” i w razie potrzeby ponownie podłącz sieć do wejścia AC.

Nie włączaj i nie wyłączaj linii DC przełącznikiem pod obciążeniem – do tego służy wyłącznik DC. I nigdy nie gaś agregatu, dopóki falownik pobiera z niego prąd.

Ryzyka i gwarancja

Producenci projektują wejście PV dla paneli fotowoltaicznych, dlatego zasilanie go z agregatu przez mostek to **niestandardowe użycie**. Uszkodzenie wejścia PV przez przepięcie (podłączenie trójfazowe, model z niskonapięciowym wejściem PV), zamienioną biegunowość, jednoczesne podłączenie paneli i agregatu lub zwarcie przez uziemienie **nie jest objęte gwarancją**.

Jeśli agregat jest dobry i falownik go przyjmuje, najprościej ładować standardowo, przez wejście AC w trybie „Generator” (APL). Układ z mostkiem warto budować, gdy standardowy sposób nie działa, i najlepiej powierzyć to elektrykowi.

Częste pytania

▼ Czy nada się agregat inwertorowy?

Tak, i nadaje się najlepiej: stabilne napięcie, cichy, a przewód neutralny zwykle nie jest połączony z obudową. Ograniczenia mocy te same: nie więcej niż 60% mocy znamionowej.

▼ A agregat 110–120 V?

Będzie działać: za mostkiem będzie około 160 V, to w zakresie MPPT większości modeli. Ale przy tej samej mocy prąd jest dwa razy większy, więc mostek, przewód i bezpieczniki bierz z większym zapasem.

▼ Czy można podłączyć agregat równolegle do paneli, bez przełącznika?

Nie. Napięcie paneli (do 390–450 V) i agregatu (około 325 V) jest różne, prąd popłynie z jednego źródła do drugiego. Tylko przełącznik z pozycją „0".

▼ Falownik z dwoma wejściami PV – słońce na jedno, agregat na drugie?

Technicznie kanały MPPT są niezależne, ale agregat też trzeba ograniczać prądem ładowania, a ten parametr jest wspólny dla całego falownika. Bezpieczniej użyć przełącznika na jednym wejściu, a drugie zostawić panelom.

▼ Czy akumulator ładuje się szybciej niż przez wejście AC?

Niekoniecznie. Granicą jest prąd ładowania MPPT Twojego falownika. Główna zaleta układu to nie szybkość, lecz to, że działa z agregatami, których falownik nie przyjmuje przez wejście AC.

▼ Czy układ działa bez akumulatora?

Nie. MPPT jest przeznaczony do pracy z akumulatorem, a cały układ ma sens tylko do ładowania akumulatora i zasilania odbiorników przez falownik.

Lista kontrolna przed uruchomieniem

- ☐ Wejście PV falownika – 450–500 V (nie 115–150 V).
- ☐ Agregat podłączony jedną fazą 230 V (L–N), nie między fazami.
- ☐ Przewód neutralny agregatu nie jest połączony z obudową albo jest transformator separacyjny.
- ☐ Mostek 35–50 A / 1000+ V na radiatorze z pastą termoprzewodzącą.
- ☐ Bezpieczniki gPV i wyłącznik DC 2P na ≥ 550 V DC, ogranicznik przepięć DC.
- ☐ Przełącznik „1–0–2": panele i agregat nigdy razem.
- ☐ Biegunowość sprawdzona: „+" mostka na PV+.
- ☐ PV+ i PV− nieuziemione, obudowy uziemione.
- ☐ Sieć odłączona od wejścia AC na czas ładowania.
- ☐ Prąd ładowania ograniczony w menu: nie więcej niż 60% mocy agregatu.

Dobierzemy falownik i akumulator do Twojego agregatu i odbiorników, a w razie potrzeby zmontujemy układ pod klucz w Dnieprze. Zadzwoń: 093 293 93 93, 099 054 40 38 (specjalista Pavlo Leonidovych, pon.–sob. 10:00–18:00 czasu kijowskiego).

Zobacz katalog

- Falowniki hybrydowe
- Akumulatory LiFePO4
- Zestawy akumulator + falownik

Przeczytaj także

- Podłączenie generatora do pracy automatycznej
- Falownik hybrydowy: czym jest i jak współpracuje z siecią, akumulatorem i słońcem
- Ile paneli fotowoltaicznych podłączyć do falownika: obliczenie łańcucha

- Jak wybrać falownik do domu: moc, hybrydowy czy nie, 24 czy 48 V
