

Problemy wyłączeń mikroinstalacji fotowoltaicznych

Abstract. The publication focuses on the problem of PV installation shutdowns caused by exceeding the grid voltage limit - 253 V. The area of analysis of PV installation shutdowns covered the whole of Poland and a period of 30 days. Of the 446 installations, 53 had problems with shutdowns, which accounted for almost 12%. The monitored installations were micro-installations of individual prosumers or micro-enterprises, with installed capacity ranging from 2.4 to 19.75 kWp. The case analysis showed that the problem of installation shutdowns can reduce energy production by up to 50% per day (**Problems of switching off photovoltaic micro installations**).

Streszczenie. Publikacja skupia się na problemie przestoju instalacji PV spowodowanych przekroczeniem dopuszczalnego napięcia sieci - 253 V. Obszar analiz przestoju instalacji PV objął całą Polskę i okres 30 dni. Spośród 446 instalacji 53 miały problemy z przestojami, co stanowiło prawie 12%. Instalacje monitorowane były mikroinstalacjami indywidualnych prosumentów lub mikroprzedsiębiorstw o mocy zainstalowanej od 2,4 do 19,75 kWp. Analiza przypadku wykazała, że problem przestoju instalacji może zmniejszyć produkcję energii nawet o 50% dziennie.

Keywords: photovoltaic micro-installations, switching off inverters, exceeding the permitted voltage.

Słowa kluczowe: mikroinstalacje fotowoltaiczne, wyłączanie falowników, przekroczenie dopuszczalnego napięcia.

Wprowadzenie

Według danych Agencji Rynku Energii, na koniec lipca 2022 r. moc zainstalowana fotowoltaiki w Polsce wyniosła 10 586,2 MW. To ponad dwa razy więcej niż rok wcześniej, kiedy zanotowano 4244,03 MW [1]. Dynamiczny wzrost liczby instalacji fotowoltaicznych przyłączonych do sieci i odsyłających do niej nadwyżki prądu sprawił, że stały się one niestabilne.

Aby odesłać prąd do sieci (czyli w kierunku innym niż zwykle), inwerter musi podnieść jego napięcie tak, by było wyższe od napięcia w sieci. Im więcej instalacji w okolicy, tym większa musi być korekta. Tymczasem limit dla standardowej sieci przesyłowej wynosi 253 V – a to niekiedy za mało. Nie mogąc oddać energii, falownik się wyłącza. Jeśli średnia wartość napięcia utrzymuje się na poziomie powyżej 253 V przez więcej niż 10 minut, falownik musi się wyłączyć. Z kolei gdy napięcie przekroczy wartość 264 V, falownik wyłącza się natychmiast. Jest to zabezpieczenie przed skutkami pracy urządzeń zasilanych zbyt wysokim napięciem.

Powyższa sytuacja ma miejsce zwykle w przypadku falowników jednofazowych. Co nie oznacza, że te trójfazowe są całkowicie wolne od problemu. Tu utrudnieniem mogą być zbyt wysokie różnice napięcia między fazami. Falownik wyłącza się też, gdy faza na której działa jest mało obciążona, a z okolicznych instalacji PV płynie do niej prąd, przez co napięcie przekroczy ustalony limit 253 V. Na wykresach widać przykładową pracę instalacji fotowoltaicznej w momencie, gdy napięcie w sieci jest zbyt wysokie. Falownik wyłącza się w godzinach największego nasłonecznienia, czyli wówczas, gdy fotowoltaika może wygenerować największe zyski dla inwestorów.

Przyczyny zbyt wysokiego napięcia w sieci

Wzrost napięcia w sieci zależy od kilku czynników [3, 4]:

1. Jakości wykonania instalacji fotowoltaicznej (w tym od odpowiednich przekrojów przewodów dobranych do mocy i odległości w jakiej znajduje się falownik od głównej rozdzielni).
2. Stanu instalacji elektrycznej w domu klienta.
3. Stanu sieci przesyłowej.
4. Napięcia bazowego, jakie mamy w sieci.

Warto zauważyć, że z powyższych czterech czynników, prosumenci mają wpływ na pierwsze dwa punkty, reszta jest zależna od zakładu energetycznego. Sieci

energetyczne mają poważne braki modernizacyjne i nie były projektowane z uwzględnieniem słonecznej rewolucji, której jesteśmy świadkami. Jak wynika z danych PTPIREE [2] za 2021 rok, blisko 80% sieci napowietrznych ma więcej niż 25 lat. Z tego ok. 37% ma więcej niż 40 lat.

Analiza przypadków

Obszar analizy przypadków wyłączenia instalacji PV spowodowanego przekroczeniem napięcia 253 V obejmował całą Polskę oraz okres 30 dni: 9.05 - 8.06.2022 r. Z pośród 446 instalacji w 53 z nich występowały problemy z włączeniami, co stanowi prawie 12% (rys. 1). Monitorowane instalacje to mikroinstalacje prosumentów indywidualnych lub mikroprzedsiębiorstw, o mocy zainstalowanej od 2,4 do 19.75 kWp.



Rys.1. Przykładowe rozmieszczenie analizowanych instalacji PV.

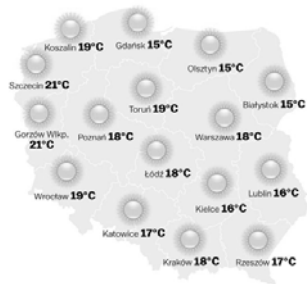
Jako pierwszy z analizowanych przypadków rozpatrzono instalację o mocy 19.75 kWp (Inwerter FoxESS T2-G3), zlokalizowaną w powiecie łukowskim, w województwie lubelskim. Instalacja znajduje się na skraju wsi i zasilą niewielką fermę drobiu. W promieniu 1500 m nie zidentyfikowano innych instalacji podobnej mocy.

W przeciągu 30 dni w analizowanej instalacji nastąpiło 61 wyłączeń o łącznym czasie trwania 754 min. Całkowita energia wytworzona wyniosła 3183,4 kWh, ze średnią 102,7 kWh dziennie. Teoretyczna energia utracona w wyniku wyłączeń wynosiła 234,9 kWh, co stanowi 7% energii całkowitej.

Nad terytorium Polski panowały wtedy bardzo dobre warunki nasłonecznienia i średniej wysokości temperatura (rys.2.).

W dniu 18.05.2022 r. nastąpiło 14 wyłączeń o łącznym czasie trwania 182 min. Przez cały dzień, pomimo bezchmurnego nieba i temp. ok. 18 °C instalacja

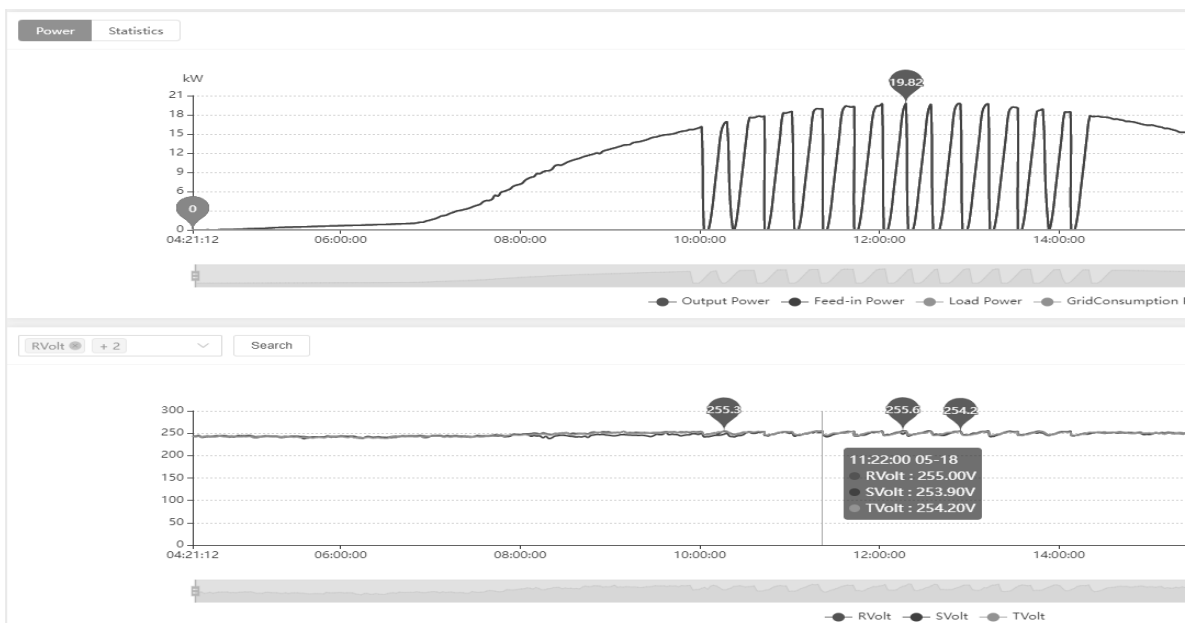
wyprodukowała 121,6 kWh energii. Teoretyczna produkcja, w przypadku braku wyłączeń powinna wynosić ok. 176 kWh. Wynika z tego, że inwestor nie wytworzył 30% energii. Wizualny przykład skali problemu pokazano na rys. 3.



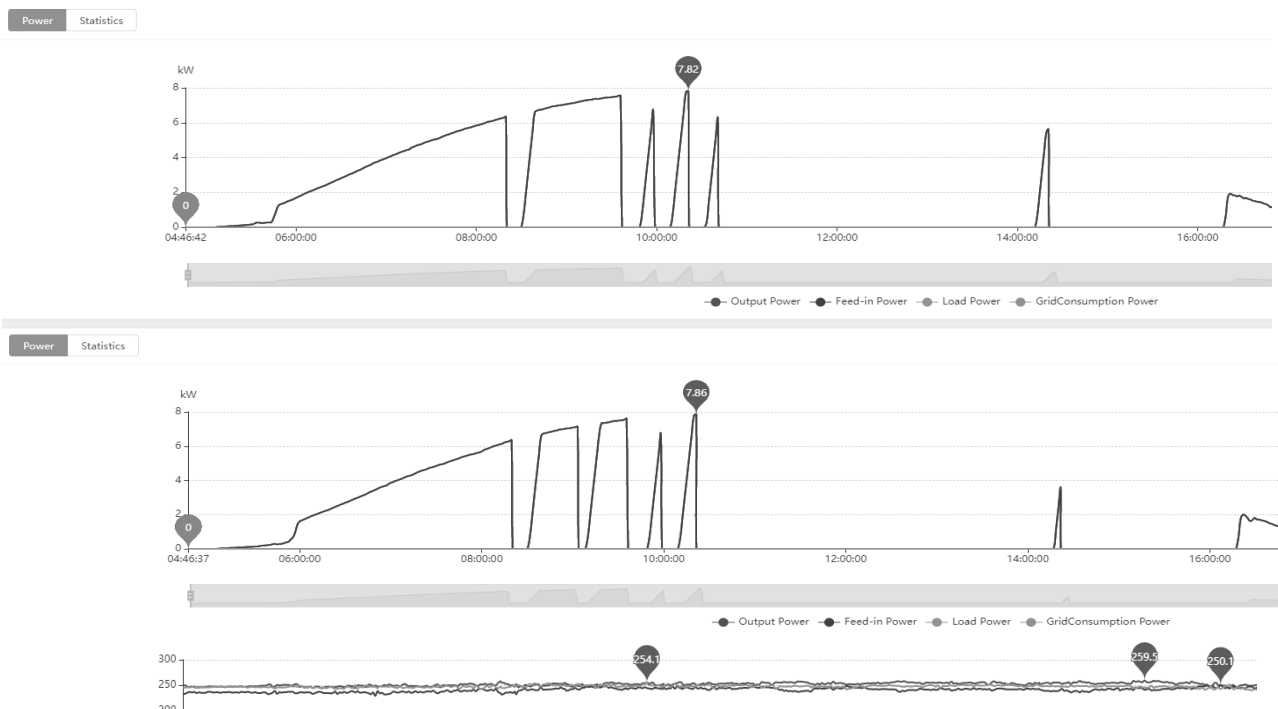
Rys.2. Warunki pogodowa w dniu analizy przypadku 1 – 18.05.2022r. [5]

Innym ciekawym przypadkiem jest instalacja bliźniacza 2x8,8 kWp. Obie instalacje znajdują się na wspólnym dachu domu, w zabudowie szeregowej. Instalacje podpięte są do wspólnego złącza. W bliskim sąsiedztwie znajdowały się również inne instalacje PV. W tej instalacji wzajemne oddziaływanie powodowało wyłączenia dochodzące do 60 % strat potencjału produkcyjnego, a napięcie sieci przekracza nawet do 259 V.

W przeciągu 30 dni w analizowanej instalacji nastąpiło 251 wyłączeń o łącznym czasie trwania 5528 min. Całkowita energia wytworzona wyniosła 757,2 kWh, ze średnią 25,2 kWh dziennie. Teoretyczna energia utracona w wyniku wyłączeń wynosiła 536,61 kWh, co stanowi 41% energii całkowitej, potencjalnie możliwej do wyprodukowania.



Rys.3. Przykład wyłączeń instalacji fotowoltaicznej 19,75 kWp w słoneczny majowy dzień. $U_{max} = 255,6$ V



Rys.4. Przykład wyłączeń bliźniaczych instalacji fotowoltaicznych 8,8 kWp w słoneczny majowy dzień. $U_{max} = 259,5$ V

Przykładowo w dniu 18.05.2022 nastąpiło 6 wyłączeń o łącznym czasie trwania 415 min. Przez cały dzień, pomimo bezchmurnego nieba i temp. ok. 19 °C instalacja wyprodukowała 22,1 kWh energii. Teoretyczna produkcja, w przypadku braku wyłączeń powinna wynosić ok. 60 kWh. Wynika z tego, że inwestor nie wytworzył 61% energii. Wizualny przykład skali problemu pokazano na rys. 4.

Wnioski

Niezwykle trudno wskazać optymalne rozwiązanie, które pozwoli uniknąć problemów związanych z wyłączającą się instalacją fotowoltaiczną. Problem leży głównie po stronie infrastruktury, ale każdy prosument może dołożyć pozytywnie wpłynąć do poprawy sytuacji.

Pierwszym sposobem jest optymalizacja zużycia energii elektrycznej w określonym czasie tak, aby zużywać ją na bieżąco. Jest to trudne zadanie, ale możliwe do rozwiązania względnie niskim kosztem. Chodzi tu o takie praktyki jak np. korzystanie z płyty indukcyjnej lub innych energooszczędnych urządzeń w godzinach najwyższych uzysków z instalacji elektrycznej. Dzięki temu nadmiar energii nie będzie oddawany do sieci.

Kolejny ze sposobów bazuje na pierwszym rozwiązaniu, jednak jego założenie jest inne, a nawet może wydawać się bezsensowne. Chodzi tu o załączanie dodatkowego odbiornika, nawet w sytuacji gdy nie jest to wymagane zapotrzebowaniem, na przykład grzałek. Załączenie odbiornika o dużej mocy pozwala obniżyć napięcie w sieci o kilka do kilkunastu woltów. W takiej sytuacji średnie napięcie za okres 10 min., mierzone przez inwerter będzie niższe niż napięcie jego wyłączenia. Pomimo, że zużywana energia jest marnowana, to bilans produkcji pozostaje dodatni, ponieważ nie dojdzie do wyłączenia inwertera. Najprostszymi metodami implementacji tego rozwiązania jest zastosowanie przekaźników typu smart z funkcją pomiarową.

Trzeci i najtrudniejszy do wdrożenia sposób to inwestycja w magazyn energii. Jest to rozwiązanie o tyle nieprzyjemne, że odpowiednie akumulatory są drogie, a ponadto mało kto decydował się na zakup droższego

falownika obsługującego magazyny energii, przez co koszt przyłączenia go może wyraźnie wzrosnąć.

Główną przyczyną wyłączających się instalacji fotowoltaicznych są jednak problemy związane z infrastrukturą. Sieci energetyczne nie są właściwie modernizowane, przez co nie nadążają za dynamicznym rozwojem OZE. Sposobem na rozwiązanie problemów z wyłączającą się fotowoltaiką jest choćby modernizacja stacji transformatorowych. Zainstalowanie transformatorów o większej mocy z możliwością zdalnej zmiany wysokości napięcia mogłoby pozwolić na odpowiednio szybkie reagowanie na wzrost napięcia w sieci. Krokiem w kierunku lepszego zarządzania siecią energetyczną jest inwestycja w inteligentne liczniki energii elektrycznej. Bieżący odczyt zużycia prądu w danym rejonie może pozwolić na lepsze planowanie dostaw energii z uwzględnieniem rozproszonej generacji z OZE.

Publikacja finansowana w ramach programu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego pod nazwą „Regionalna Inicjatywa Doskonałości” w latach 2019 - 2022 nr projektu 020/RID/2018/19, kwota finansowania 12 000 000 PLN.

Autorzy: dr hab. inż. Adam Jakubas, Politechnika Częstochowska, Wydział Elektryczny, al. Armii Krajowej 17, 42-200 Częstochowa, email: adam.jakubas@pcz.pl, mgr Marko Hernaiz, Lighthief sp. z o.o., ul. Św. Kazimierza 2B, Częstochowa, m.hernaiz@lighthief.com

LITERATURA

- [1] Odnawialnej, Instytut Energetyki. "Rynek fotowoltaiki w Polsce 2022" Instytutu Energetyki Odnawialnej, Warszawa, Poland (2022).
- [2] Energetyka, Dystrybucja, Przesył, Raport 2021, Polskie Towarzystwo Przesyłu i Rozdziału Energii Elektrycznej.
- [3] Wyłączenie instalacji fotowoltaicznej przez zbyt wysokie napięcie w sieci. „Świat OZE”, dostęp online (odczyt: 7.07.2022 r.).
- [4] Piechota A., Zbyt wysokie napięcie: dlaczego instalacja wyłącza się w słoneczne dni?, dostęp online c olumbusenergy.pl/blog (odczyt: 7.07.2022 r.).
- 3] Portal meteo meteo.imgw.pl (odczyt: 18.05.2022 r.).