

PRZYDOMOWA MIKRO-INSTALACJA OZE – CZY TO SIĘ OPŁACA?

Romuald MAŚNICKI¹, Janusz MINDYKOWSKI², Andrzej LIESKE³, Filip MELCER⁴

1. Akademia Morska w Gdyni, Wydział Elektryczny, Katedra Elektroenergetyki Okrętowej
tel.: 58-5586-666 e-mail: romas@am.gdynia.pl
2. Akademia Morska w Gdyni, Wydział Elektryczny, Katedra Elektroenergetyki Okrętowej
tel.: 58-5586-440 e-mail: j.mindykowski@we.am.gdynia.pl
3. PMP Sp. z o.o., Wejherowo
tel.: 502 032 328 e-mail: andrzej.lieske@pmpwej.pl
4. PMP Sp. z o.o., Wejherowo
tel.: 501 143 599 e-mail: filip.melcer@pmpwej.pl

Streszczenie: Odnawialne źródła energii (OZE) stanowią coraz istotniejszy element zaspokajania potrzeb energetycznych przemysłu i indywidualnych użytkowników na całym świecie. Ich rozwój przekłada się na zmniejszenie emisji CO₂ i potencjalne ograniczenie efektu cieplarnianego, jak również inicjuje postęp technologiczny w odnośnych dziedzinach. W artykule przedstawiono konfigurację przydomowej mikro-instalacji, wytwarzającej energię elektryczną, użytkowanej w północnej części kraju. Omówiono kierunki i przesłanki jej modernizacji, pokazano wyniki pomiarów ilości produkowanej energii oraz dokonano analizy efektywności jej wytwarzania w kontekście energetycznym, ekonomicznym, jak i otoczenia prawnego zagadnień OZE.

Słowa kluczowe: odnawialne źródła energii, mikro-instalacje, pomiary, efektywność.

1. WPROWADZENIE

Istotne znaczenie dla ochrony środowiska i zapobiegania efektowi cieplarnianemu ma ograniczenie emisji CO₂. Ważną rolę odgrywa w tym zakresie możliwość wykorzystywania odnawialnych źródeł energii (OZE).

Technologie wytwarzania energii elektrycznej z energii słonecznej i wiatrowej były znane od dziesięcioleci, ale ich wdrożenie w mikroskali było dotychczas nieopłacalne, głównie ze względu na wysokie koszty urządzeń do konwersji i magazynowania energii. Zainteresowanie OZE wyraźnie zwiększyło się we wczesnych latach dziewięćdziesiątych. Od tamtej pory światowe wykorzystanie energii słonecznej wzrosło czterokrotnie, a energii wiatru - nawet ośmiokrotnie [1-4].

Polski sektor energetyczny oparty jest głównie na węglu, co wiąże się z emisją dużych ilości CO₂, a zatem rozwój technologii OZE i jej rozpowszechnianie jest ważny w wielu aspektach, w tym ekologicznym i finansowym. Poza instalacjami OZE w energetyce zawodowej, rozwój indywidualnych systemów wiatrowych i solarnych w gospodarstwach domowych może stanowić ważny element równowagi energetycznej kraju. System taki może być podłączony do publicznej sieci elektroenergetycznej lub wykorzystywany autonomicznie w miejscu zainstalowania,

np. do podgrzewania wody lub dodatkowego ogrzewania domu.

Warunki produkcji i sprzedaży energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych są określone w Polsce w ustawie o OZE z 20 lutego 2015 [5]. Niestety, w międzyczasie była ona dwukrotnie zmieniana, a w efekcie uregulowania dotyczące sprzedaży energii przez właścicieli przydomowych mikro-instalacji nie są dla nich zadowalające i nie w pełni wyszczególnione. Również dla podmiotów inwestujących na dużą skalę w technologie OZE obecne regulacje przysparzają wiele problemów.

Komisja Europejska ocenia w 2016 r. w Raportcie Krajowym [6], że "Istnieje wysoki poziom niepewności co do tego, czy Polska osiągnie cel w zakresie pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych w 2020 r. wobec prowadzonej obecnie polityki i stosowanych środków. Konieczne będzie podjęcie znacznych dodatkowych inwestycji w celu osiągnięcia celów wyznaczonych na 2020 r. oraz pewności prawa, przewidywalności i stabilności ram inwestycyjnych".

W pracy autorzy skupili się na prezentacji funkcjonującego systemu mikro-elektrowni OZE, składającego się z małej elektrowni słonecznej i elektrowni wiatrowej, zaprojektowanych i zbudowanych na potrzeby prywatnego inwestora [7]. Dokonano oceny dwóch konfiguracji przydomowej elektrowni: pierwsza mikro-elektrownia została zbudowana jako "opcja zero" (nazwana na potrzeby niniejszej pracy „wersją 1”), zaś druga (wersja 2), powstała na bazie zdobytych doświadczeń, na drodze modernizacji pierwotnej wersji elektrowni. Przedstawiono analizy efektywności obu instalacji, uwzględniające koszty początkowe obydwu systemów, koszty związane z ich eksploatacją, a także korzyści wynikające z lokalnej produkcji energii elektrycznej, z uwzględnieniem końcowego bilansu kosztów.

W rozdziale 2 przedstawiono dwie konfiguracje badanej mikro-elektrowni. Rozdział 3 zawiera wybrane wyniki pomiarów dotyczące bilansu energetycznego dla obydwu instalacji. W rozdziale 4 zawarto analizę ekonomicznej efektywności eksploatacji mikro-elektrowni. Wnioski i uwagi zamieszczono w rozdziale 5.

PRZYDOMOWA MIKRO-INSTALACJA OZE – CZY TO SIĘ OPŁACA?

Romuald MAŚNICKI¹, Janusz MINDYKOWSKI², Andrzej LIESKE³, Filip MELCER⁴

1. Akademia Morska w Gdyni, Wydział Elektryczny, Katedra Elektroenergetyki Okrętowej
tel.: 58-5586-666 e-mail: romas@am.gdynia.pl
2. Akademia Morska w Gdyni, Wydział Elektryczny, Katedra Elektroenergetyki Okrętowej
tel.: 58-5586-440 e-mail: j.mindykowski@we.am.gdynia.pl
3. PMP Sp. z o.o., Wejherowo
tel.: 502 032 328 e-mail: andrzej.lieske@pmpwej.pl
4. PMP Sp. z o.o., Wejherowo
tel.: 501 143 599 e-mail: filip.melcer@pmpwej.pl

Streszczenie: Odnawialne źródła energii (OZE) stanowią coraz istotniejszy element zaspokajania potrzeb energetycznych przemysłu i indywidualnych użytkowników na całym świecie. Ich rozwój przekłada się na zmniejszenie emisji CO₂ i potencjalne ograniczenie efektu cieplarnianego, jak również inicjuje postęp technologiczny w odnośnych dziedzinach. W artykule przedstawiono konfigurację przydomowej mikro-instalacji, wytwarzającej energię elektryczną, użytkowanej w północnej części kraju. Omówiono kierunki i przesłanki jej modernizacji, pokazano wyniki pomiarów ilości produkowanej energii oraz dokonano analizy efektywności jej wytwarzania w kontekście energetycznym, ekonomicznym, jak i otoczenia prawnego zagadnień OZE.

Słowa kluczowe: odnawialne źródła energii, mikro-instalacje, pomiary, efektywność.

1. WPROWADZENIE

Istotne znaczenie dla ochrony środowiska i zapobiegania efektowi cieplarnianemu ma ograniczenie emisji CO₂. Ważną rolę odgrywa w tym zakresie możliwość wykorzystywania odnawialnych źródeł energii (OZE).

Technologie wytwarzania energii elektrycznej z energii słonecznej i wiatrowej były znane od dziesięcioleci, ale ich wdrożenie w mikroskali było dotychczas nieopłacalne, głównie ze względu na wysokie koszty urządzeń do konwersji i magazynowania energii. Zainteresowanie OZE wyraźnie zwiększyło się we wczesnych latach dziewięćdziesiątych. Od tamtej pory światowe wykorzystanie energii słonecznej wzrosło czterokrotnie, a energii wiatru - nawet ośmiokrotnie [1-4].

Polski sektor energetyczny oparty jest głównie na węglu, co wiąże się z emisją dużych ilości CO₂, a zatem rozwój technologii OZE i jej rozpowszechnianie jest ważny w wielu aspektach, w tym ekologicznym i finansowym. Poza instalacjami OZE w energetyce zawodowej, rozwój indywidualnych systemów wiatrowych i solarnych w gospodarstwach domowych może stanowić ważny element równowagi energetycznej kraju. System taki może być podłączony do publicznej sieci elektroenergetycznej lub wykorzystywany autonomicznie w miejscu zainstalowania,

np. do podgrzewania wody lub dodatkowego ogrzewania domu.

Warunki produkcji i sprzedaży energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych są określone w Polsce w ustawie o OZE z 20 lutego 2015 [5]. Niestety, w międzyczasie była ona dwukrotnie zmieniana, a w efekcie uregulowania dotyczące sprzedaży energii przez właścicieli przydomowych mikro-instalacji nie są dla nich zadowalające i nie w pełni wyszczególnione. Również dla podmiotów inwestujących na dużą skalę w technologie OZE obecne regulacje przysparzają wiele problemów.

Komisja Europejska ocenia w 2016 r. w Raportcie Krajowym [6], że "Istnieje wysoki poziom niepewności co do tego, czy Polska osiągnie cel w zakresie pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych w 2020 r. wobec prowadzonej obecnie polityki i stosowanych środków. Konieczne będzie podjęcie znacznych dodatkowych inwestycji w celu osiągnięcia celów wyznaczonych na 2020 r. oraz pewności prawa, przewidywalności i stabilności ram inwestycyjnych".

W pracy autorzy skupili się na prezentacji funkcjonującego systemu mikro-elektrowni OZE, składającego się z małej elektrowni słonecznej i elektrowni wiatrowej, zaprojektowanych i zbudowanych na potrzeby prywatnego inwestora [7]. Dokonano oceny dwóch konfiguracji przydomowej elektrowni: pierwsza mikro-elektrownia została zbudowana jako "opcja zero" (nazwana na potrzeby niniejszej pracy „wersją 1”), zaś druga (wersja 2), powstała na bazie zdobytych doświadczeń, na drodze modernizacji pierwotnej wersji elektrowni. Przedstawiono analizy efektywności obu instalacji, uwzględniające koszty początkowe obydwu systemów, koszty związane z ich eksploatacją, a także korzyści wynikające z lokalnej produkcji energii elektrycznej, z uwzględnieniem końcowego bilansu kosztów.

W rozdziale 2 przedstawiono dwie konfiguracje badanej mikro-elektrowni. Rozdział 3 zawiera wybrane wyniki pomiarów dotyczące bilansu energetycznego dla obydwu instalacji. W rozdziale 4 zawarto analizę ekonomicznej efektywności eksploatacji mikro-elektrowni. Wnioski i uwagi zamieszczono w rozdziale 5.

2. KONFIGURACJE PRZYDOMOWYCH MIKRO-ELEKTROWNI

Poszukiwanie możliwości funkcjonowania w harmonii z naturą, jak również względy ekonomiczne, skłaniają wielu właścicieli nieruchomości (zarówno osoby fizyczne, jak i firmy) do inwestowania w systemy OZE.

Przydomowe instalacje OZE, wykorzystujące baterie słoneczne i/lub generatory wiatrowe, zwykle realizowane są w jednej z trzech podstawowych konfiguracji, jako systemy:

- autonomiczne (wyspowe) – Off-Grid,
- współpracujące z siecią – On-Grid,
- hybrydowe.

Systemy wyspowe stosuje się do zasilania obiektów w przypadku, gdy publiczna sieć elektroenergetyczna nie jest dostępna. Ze względu na zmiany warunków wytwarzania energii w ciągu doby, konieczne jest jej magazynowanie. Wytworzona energia najpierw trafia do akumulatorów, gdzie jest magazynowana, a po przetworzeniu wykorzystywana jest do zasilania odbiorników. Zapewnia to ciągłość zasilania w systemie. Energia nie jest oddawana do sieci.

Większość instalowanych mikro-elektrowni to systemy współpracujące z siecią energetyczną (On-Grid). Koszty instalacji tego typu są zwykle niższe od systemu wyspowego, gdyż nie jest wymagany zakup akumulatorów, których pozyskanie stanowi średnio 20% kosztów systemu. Nadwyżki energii są oddawane do sieci, a niedobory są z niej uzupełniane. Systemy te działają w ramach rozproszonego systemu wytwarzania energii, i dzięki połączeniu z publicznym systemem dystrybucji energii, zapewniona jest w nich ciągłość dostaw energii.

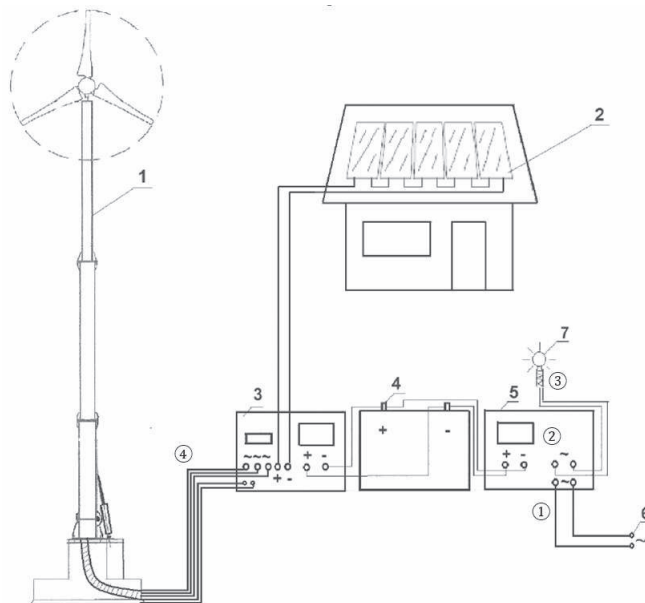
Systemy hybrydowe działają podobnie jak systemy autonomiczne, nadwyżka energii z systemu OZE magazynowana jest w akumulatorach. W przypadku rozładowania akumulatorów zasilanie systemu przełączane jest na zasilanie z sieci energetyki zawodowej (lub załączany jest generator prądotwórczy).

Korzystając z uprzejmości właściciela przydomowej mikro-elektrowni OZE, położonej w okolicach Trójmiasta, w ciągu dwóch lat wykonywano pomiary energii elektrycznej, jak również obserwowano zmiany w systemie, wprowadzane w efekcie analiz i decyzji właściciela [7].

2.1. Wersja 1 przydomowej elektrowni

Pierwsza z badanych instalacji nazwana "pierwszą wersją przydomowej elektrowni" (VIPE) była mieszanym systemem, składającym się z małej elektrowni wiatrowej (EW) i dziesięciu modułów fotowoltaicznych (MF). Konfigurację rozważanego systemu pokazano na rysunku 1. Energia elektryczna wytwarzana w EW 1 i MF 2 zasila przetwornicę mocy (inwerter) 5, pod nadzorem sterownika 3, łączącego funkcje prostownika i regulatora napięcia. EW generuje napięcie przemiennie o amplitudzie i częstotliwości, które zmieniają się w zależności od prędkości obrotowej wirnika generatora wiatrowego. Sterownik 3 monitoruje działanie generatora wiatrowego i przekształca trójfazowe napięcie AC na napięcie DC. Kontroluje on również napięcie z MF. Nadmiar energii wytwarzanej w MF i EW jest wykorzystywany do ładowania akumulatora 4. Inwerter 5 zapewnia zasilanie urządzeń gospodarstwa domowego 7. Gdy produkcja energii słonecznej lub wiatrowej jest niewystarczająca do potrzeb domowych, inwerter pobiera energię z akumulatorów. Jeśli to źródło energii jest nadal niewystarczające, energia pobierana jest również

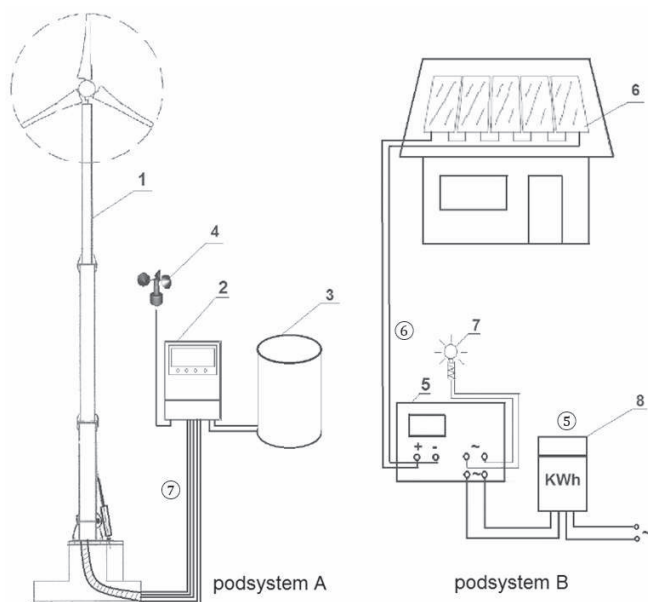
z zewnętrznej sieci elektrycznej 6. Energia uzyskana z elektrowni VIPE wykorzystywana jest wyłącznie do zasilania elektrycznych urządzeń gospodarstwa domowego. W systemie tym nadwyżka energii wytwarzanej w MF lub EW nie mogła być oddawana do sieci zewnętrznej.



Rys. 1. Przydomowa elektrownia – wersja 1: 1 – generator wiatrowy; 2 – moduły fotowoltaiczne; 3 – sterownik; 4 – akumulatory; 5 – przetwornica; 6 – sieć zewnętrzna; 7 – odbiorniki zasilania gwarantowanego; ①-④ – rozmieszczenie liczników energii

2.2. Wersja 2 przydomowej elektrowni

Doświadczenia zdobyte podczas eksploatacji VIPE skłoniły do modyfikacji konfiguracji mikro-elektrowni. Zmiany w instalacji wyniknęły głównie z ograniczeń magazynowania energii w akumulatorach i braku możliwości zarządzania nadmiarem energii. Konfiguracja zmodyfikowanej elektrowni, nazwanej "drugą wersją przydomowej elektrowni" (V2PE), obecnie wykorzystywaną, jest pokazana na rysunku 2. V2PE składa się z dwóch oddzielnych podsystemów: podsystemu A, wykorzystującego EW do podgrzewania wody i dodatkowego ogrzewania domu, a także podsystemu B, zasilającego urządzenia gospodarstwa domowego i zintegrowanego z zewnętrzną siecią elektryczną. Takie zastosowanie EW 1 do ogrzewania wody i domu jest prostym sposobem na wykorzystanie energii wiatru. Rozwiązanie to ma tę zaletę, że energia wiatrowa może być efektywnie wykorzystana nawet przy dużej zmienności jej parametrów. Energia ta nie musi być magazynowana w akumulatorach, co zwiększyłoby koszt instalacji - jest to jeden z wniosków wynikających z eksploatacji VIPE. Drugi podsystem opiera się na energii wytwarzanej w MF 6. Za pomocą inwertera 5 energia ta jest przekształcana w energię o parametrach odpowiadających energii w sieci publicznej. Inwerter 5 jest połączony z domową tablicą rozdzielczą i dostarcza zasilanie do obwodów elektrycznych 7 gospodarstwa domowego. Urządzenie w pierwszej kolejności wykorzystuje energię pochodzącą z MF. Nadwyżka energii z MF jest przekazywana do sieci publicznej. Kiedy zapotrzebowanie na energię jest większe od ilości energii wytwarzanej w MF, inwerter pobiera energię z sieci publicznej. Przepływ energii jest rejestrowany przez dwukierunkowy licznik energii 8.

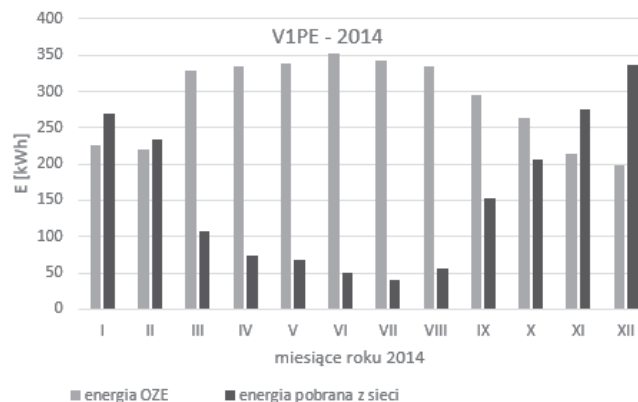


Rys. 2. Przydomowa elektrownia – wersja 2: 1 – generator wiatrowy; 2 – sterownik; 3 – bojler; 4 – wiatromierz; 5 – przetwornica; 6 – moduły fotowoltaiczne; 7 – odbiorniki zasilania gwarantowanego; 8 – licznik dwukierunkowy (sieć zewnętrzna); ⑤- ⑦ – rozmieszczenie liczników energii

3. POMIARY ENERGII W MIKRO-ELEKTROWNI

Przedmiotem dalszych analiz jest określenie efektywności każdego z systemów (V1PE i V2PE). Pierwsze badania dotyczyły mikro-elektrowni V1PE (rys. 1). Energia wytwarzana w MF o mocy całkowitej 2000 Wp (ang. Watt peak – moc szczytowa) i EW o mocy 3 kW była wykorzystywana do zasilania urządzeń gospodarstwa domowego, a jej nadwyżka była magazynowana w baterii akumulatorów. Bateria składała się z dziesięciu akumulatorów 12 V o pojemności 200 Ah, połączonych szeregowo. Napięcie znamionowe MF w punkcie maksymalnej mocy miało wartość 36,2 V. Napięcie znamionowe generatora prądu trójfazowego w układzie EW wynosiło 120 V AC. Wyjścia MF i EW połączono z sterownikiem, który przekształcał napięcia wejściowe na napięcie 120 V DC. Inwerter przekształcał napięcie 120 V DC na napięcie 230 V AC. Badania przeprowadzono w okresie jednego roku (2014). Pomiary wykonywano za pomocą czterech liczników energii elektrycznej, działających w wybranych węzłach systemu (rys. 1). Licznik ① mierzył ilość energii pobieranej przez gospodarstwo domowe z sieci zewnętrznej. Licznik ② wskazywał ilość energii pobranej przez inwerter z sieci zewnętrznej oraz z baterii akumulatorów. Licznikiem ③ mierzono ilość energii przekazywanej w inwertera do rozdzielni domowej, z której zasilano najważniejsze obwody instalacji domowej (tzw. gwarantowane obwody zasilania). Licznik ④ wskazywał ilość energii wytworzonej przez EW.

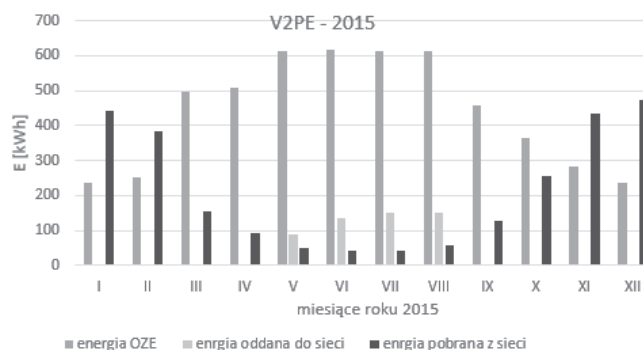
Na rysunku 3 zestawiono ilość energii wytwarzanej przez EW i MF z energią pobraną z sieci publicznej w kolejnych miesiącach 2014 roku. Najniższy pobór energii z sieci publicznej miał miejsce w okresie letnim. Wówczas produkcja energii odnawialnej była największa, zaś zapotrzebowanie na energię elektryczną – najmniejsze. Z wykresu wynika, że zwiększenie mocy systemu EW przyczyniłoby się do zmniejszenia zapotrzebowania na energię z sieci w okresie zimy.



Rys. 3. Ilość energii elektrycznej wytworzonej w instalacji V1PE i pobranej z sieci publicznej w kolejnych miesiącach 2014 roku

Zmodyfikowana mikro-elektrownia V2PE składa się z dwóch oddzielnych instalacji (rys. 2): podsystemu A, wykorzystującego turbinę wiatrową (z V1PE) oraz podsystemu B, opartego na 20 MF (o łącznej mocy 4000 Wp), zintegrowanego z publiczną siecią elektroenergetyczną. Pomiary energii w trzech węzłach mikro-elektrowni (rys. 2) przeprowadzono w okresie jednego roku (2015). Licznikiem ⑤ (dwukierunkowy) mierzono ilość energii elektrycznej pobranej z zewnętrznej sieci oraz energii dostarczonej z podsystemu B do sieci publicznej. Licznik ⑥ wskazywał ilość energii uzyskanej z MF, zaś licznik ⑦ - ilość energii wytworzonej przez generator w układzie EW.

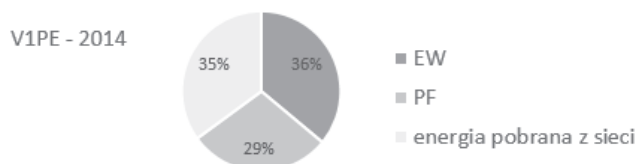
Na rysunku 4 pokazano ilość energii słonecznej i wiatrowej wytworzonej w V2PE w kolejnych miesiącach 2015 roku, ilości energii pobranej z sieci publicznej, jak również oddanej do tej sieci. Podobnie jak w roku 2014, najniższe zapotrzebowanie na energię z sieci zewnętrznej występowało w okresie letnim. Ponadto, od maja do sierpnia energia elektryczna była oddawana do sieci publicznej, ponieważ MF wytwarzały ilości energii, przekraczające zapotrzebowanie urządzeń gospodarstwa domowego. Pomimo nadwyżki energii w tych miesiącach, gospodarstwo domowe pobierało energię również z sieci publicznej, ponieważ w V2PE nie było możliwości jej magazynowania, a w nocy MF energii nie wytwarzają.



Rys. 4. Ilość energii elektrycznej wytworzonej w instalacji V2PE, nadwyżki energii oddanej do sieci oraz energii pobranej z sieci publicznej w kolejnych miesiącach 2015 roku

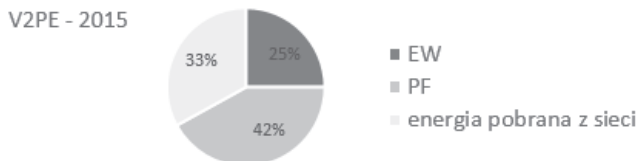
Roczny bilans energetyczny systemu V1PE, przedstawiony na rysunku 5, określa udział energii wytworzonej w MF i EW, oraz pobranej z sieci publicznej w roku 2014. 29% zużytej energii uzyskano z MF. Rozbudowa systemu MF nie jest jednak wskazana, ponieważ

prowadziłyby to do pojawienia się podczas lata nadwyżki energii, na którą nie ma zapotrzebowania, której nie można magazynować bez zwiększenia pojemności akumulatorów (dodatkové koszty) ani przekazywać do sieci zewnętrznej. Energia wiatrowa stanowiła 36% całkowitej energii zużywanej przez gospodarstwo domowe. Optymalnym rozwiązaniem dla zmniejszenia poboru energii z sieci zewnętrznej jest zwiększenie mocy generatora w systemie EW, co zapewniłoby wytwarzanie większych ilości energii jesienią i zimą. Jednakże takie rozwiązanie wiąże się z dodatkowymi nakładami inwestycyjnymi i zostało ono odrzucone przez właściciela elektrowni. 35% zapotrzebowania na energię pokrywano z sieci publicznej.



Rys. 5. Bilans roczny energii dla instalacji V1PE

Roczny bilans energii dla V2PE przedstawiony na rysunku 6 pokazuje, że największy udział w wytwarzaniu energii (42%) mają MF (w podsystemie B – rys. 2). W okresie letnim wytwarzana jest nadwyżka energii, która jest przekazywana do sieci publicznej. Rozbudowa systemu MF przyczyniła się to do zmniejszenia zapotrzebowania na energię z sieci publicznej (32%) w stosunku do V1PE. W bilansie mniejszy jest też udział energii wytworzonej w EW (25%).



Rys. 6. Bilans roczny energii dla instalacji V2PE

Pomiary przeprowadzone w latach 2014 i 2015 wykazały, że MF zastosowane w V1PE generowały 781,4 kWh/kWp (energia wytworzona w MF w ciągu 1 roku w przeliczeniu na moc szczytową MF). Instalacja fotowoltaiczna w systemie V2PE wygenerowała 823,8 kWh/kWp. Różnica ta może wynikać z zainstalowania w V2PE dziesięciu nowych MF o lepszej sprawności, jak również zastosowania nowoczesnego inwertera, co z pewnością poprawiło wyniki. Dla polskich warunków klimatycznych instalacja fotowoltaiczna odpowiednio zlokalizowana i prawidłowo wykonana może produkować rocznie od 950 do 1025 kWh/kWp [3]. EW w układzie V1PE, jak również w V2PE wyprodukowała w ciągu roku po ok. 2000 kWh energii, co jest znacznie poniżej nominalnej wartości szacowanej przez dystrybutora wiatraka, dla lokalnych warunków (ok. 5250 kWh/rok). Uzyskane wydajności energetyczne nie są zadowalające. Według oceny autorów, jest to spowodowane nieoptymalną lokalizacją, zarówno MF, jak i wiatraka w systemie EW.

4. OCENA EKONOMICZNA MIKRO-ELEKTROWNI

Zapisy zawarte w ustawie o OZE z 20 lutego 2015 r. stwarzały warunki do budowy przydomowych mikro-elektrowni w systemie On-Grid, w których nadwyżka energii wyprodukowanej w ciągu jednego półrocza (latem) może zrównoważyć niedobór produkcji w pozostałej części roku, gdy więcej energii pobiera się z sieci publicznej. W zapisach ustawy, w rachunku za energię, nadwyżka energii przekazana do sieci miała równoważyć energię pobraną z sieci w relacji 1 do 1 kWh.

W dniu 31 grudnia 2015 r. została przyjęta nowelizacja ustawy o OZE, w której stwierdzono, że stawki taryfy gwarantowanej (ang. feed-in tariff, FIT) będą miały zastosowanie do energii elektrycznej wytwarzanej w systemach OZE (i przekazywanej do sieci publicznej), które rozpoczną produkcję po 1 lipca 2016 r. Dla mikro-elektrowni stawka miała wynosić 0,65 PLN/kWh. Stawka stosowana do tego czasu, dla wszystkich typów mikro-instalacji, wynosiła 0,16736 PLN/kWh. W tym terminie korzystne dla prosumentów energii elektrycznej zmiany nie zostały wprowadzone, ponieważ 22 czerwca 2016 r. podpisana została kolejna nowelizacja do ustawy o OZE z 2015 r., gdzie wprowadzono regulacje, według których producenci "zielonej energii", zamiast gwarantowanych stawek FIT, będą otrzymywać tzw. rabaty, czyli rozliczanie różnicy między ilością wytwarzanej i oddawanej do sieci energii, a energią pobraną z sieci. Właściciele mikro-instalacji (do 10 kW) mogą liczyć na rozliczenie energii w relacji 1 do 0,8, ale zgodnie z zapowiedziami rządu nie jest to ostatnia zmiana zapisów ustawy. Kolejne poprawki do ustawy pośpieszenie zatwierdzano przed terminami poprzednio wprowadzonych regulacji.

Wydatki poniesione podczas budowy i w trakcie eksploatacji mikro-instalacji są kluczową kwestią wpływającą na ich rentowność. Dotyczy to inwestycji początkowych, a także bieżących kosztów operacyjnych.

Całkowity koszt V1PE (rys. 1) wyniósł prawie 70 000 PLN. Łączne koszty V2PE wyniosły prawie 63 000 PLN. Aby obliczyć tzw. prosty okres zwrotu (okres, po upływie którego inwestor powinien odzyskać zainwestowany kapitał bez uwzględnienia zmian wartości pieniądza w tym czasie), należy wyznaczyć czas, po którym skumulowane przepływy pieniężne osiągną zero (okres, po upływie którego wpływy netto z inwestycji pokryją poniesione wydatki). Biorąc pod uwagę szereg czynników, w tym koszty eksploatacyjne systemu i aktualną średnią cenę energii elektrycznej zakupionej od dystrybutora, oszacowano, że okres zwrotu dla instalacji V1PE wynosi około 28 lat.

W przypadku V2PE (rys. 2) analizę przeprowadzono oddzielnie dla podsystemów A (EW) i B (MF). Okres zwrotu kosztów inwestycyjnych podsystemu A, wynikający jedynie z wykorzystania energii odnawialnej, w miejsce zakupu tej części zużywanej energii, wynosi około 27 lat. Podsystem B wytwarza nadwyżkę energii elektrycznej, którą oddaje się do sieci publicznej. Biorąc pod uwagę stawki FIT za energię (na mocy ustawy o OZE z 20 lutego 2015 r.), okres zwrotu dla podsystemu B wynosi około 11 lat. Wprowadzone nowelizacje do ustawy, a tym samym anulowane, korzystne dla małych prosumentów, stawki za odsprzedawaną energię, powodują wydłużenie tego okresu dla rozważanego podsystemu do około 13 lat.

5. WNIOSKI KOŃCOWE

Autorzy prowadzili badania przydomowej mikro-elektrowni przez okres 2 lat. W ich trakcie realizowane były pomiary energii elektrycznej, wytwarzanej w MF i EW. Interesującym elementem mikro-elektrowni VIPE było wzajemne uzupełnianie w ilości wytwarzanej energii w MF i EW w różnych porach roku. Małe ilości energii wytwarzanej w miesiącach zimowych w MF były kompensowane przez EW, i na odwrót w okresie letnim. Gdy ilość wytwarzanej energii była niewystarczająca dla pokrycia zapotrzebowania urządzeń gospodarstwa domowego, pobierano ją z sieci publicznej. Jednakże budowa instalacji VIPE wymagała dużych nakładów finansowych. Po przeprowadzeniu analizy rentowności ustalono, że instalacja zamortyzuje się dopiero po 27 latach. Obliczenia obejmowały stopę inflacji, ale nie uwzględniały kosztów wymiany baterii akumulatorów. Przy zastosowaniu oszczędności na pewne pomocnicze części instalacji, czas amortyzacji zmniejszyłby się do 25 lat. Przy całkowitej rezygnacji z akumulatorów czas ten skróciłby się do ok. 20 lat, ale system straciłby funkcjonalność. Po pojawieniu się problemów z akumulatorami, a także w związku z ogłoszoną ustawą o OZE (możliwość odsprzedaży nadwyżki energii po cenach równoważnych cenom energii zakupionej), właściciel mikro-elektrowni postanowił przebudować instalację.

Instalacja V2PE została zbudowana w postaci dwóch oddzielnych podsystemów. Energia podsystemu wiatrowego jest wykorzystywana do ogrzewania wody i domu. Zaletą tego systemu jest brak konieczności magazynowania energii elektrycznej. To znacznie obniżyło koszt tej instalacji (o ok. 15 000 PLN). Jednakże analiza rentowności tego podsystemu pokazuje, że poniesione wydatki zostaną zwrócone dopiero po 27 latach. Wynika to częściowo z braku możliwości współdziałania z instalacją MF. Podsystem oparty na zestawie modułów MF ma możliwość przekazywania nadwyżki wytworzonej energii elektrycznej do sieci publicznej. Analiza rentowności wskazuje, że wydatki na ten system zostaną zamortyzowane po 13 latach. Gdyby obowiązywały ceny odsprzedaży nadwyżki energii po stawkach zawartych w FIT, okres zwrotu byłby krótszy o 2 lata. Zainstalowany system MF nie zapewnia gospodarstwu domowemu pełnego pokrycia potrzeb energetycznych. W zimie ilość energii wyprodukowanej przez MF jest znacznie niższa niż w lecie. Również latem sieć zewnętrzna nie może być odłączona, ponieważ podsystem MF w nocy nie wytwarza energii elektrycznej. Rozbudowa podsystemu MF byłaby korzystna w bilansie

energii, ale wiąże się to ze wzrostem nakładów początkowych. To rozwiązanie byłoby bardziej korzystne, gdyby zakupiona energia mogła być zrównoważona przez nadwyżkę energii odsprzedanej. Zwiększenie stawek za odsprzedawaną energię elektryczną oraz subsydiowanie budowy instalacji z pewnością przyczyni się do poszerzenia grona potencjalnych inwestorów.

Unia Europejska nie zabrania stosowania węgla w procesach spalania, ale sektor energetyczny będzie mocno obciążony systemem zakupów uprawnień do emisji CO₂. Zakończenie systemu bezpłatnych uprawnień do emisji CO₂ dla naszej energetyki może skutkować wzrostem cen energii, stąd posiadanie własnej mikro-elektrowni może stać się bardziej opłacalne. Uwarunkowania techniczne i regulacje prawne dla systemów OZE w Polsce nadal nie są korzystne. Prywatni inwestorzy budują systemy OZE na własne ryzyko, spodziewając się bardziej korzystnych stawek za odsprzedaną energię. Obecnie okres zwrotu inwestycji w tej dziedzinie jest daleki od informacji zawartych w reklamach urządzeń OZE.

W [6] zawarto realistyczną ocenę dotyczącą najbliższej przyszłości OZE w Polsce. Sytuacja jednak musi ulec poprawie w związku z przyjętymi zobowiązaniami międzynarodowymi, co wymusi w przyszłości zmianę podejścia decydentów do systemów OZE.

Należy jednak stwierdzić: to się może opłacać.

6. BIBLIOGRAFIA

1. Tytko R.: Urządzenia i systemy energetyki odnawialnej Wydawnictwo Tytko, Wydanie 4, Kraków 2014.
2. Jastrzębska G.: Ogniwa słoneczne. Budowa, technologia i zastosowanie, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności WKŁ, Warszawa 2013.
3. Szymański B.: Instalacje fotowoltaiczne, Wydawnictwo Geosystem, Kraków 2015.
4. Flaga A.: Siłownie wiatrowe, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2012.
5. Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r.: O odnawialnych źródłach energii, <http://isap.sejm.gov.pl/Download?id=WDU20150000478&type=2>.
6. European Commission: Country Report Poland 2016, Brussels, http://ec.europa.eu/europe2020/pdf/csr2016/cr2016_poland_en.pdf.
7. Lieske A., Melcer F.: Wykorzystanie energii słonecznej i wiatrowej na potrzeby gospodarstw domowych, Praca dyplomowa pod kierunkiem prof. J. Mindykowskiego, Wydział Elektryczny Akademii Morskiej w Gdyni, Gdynia, 2016.

THE HOUSEHOLD RES MICRO-INSTALLATION – IS IT COST-EFFECTIVE?

Renewable energy sources (RES) are becoming increasingly important in the world to meet the energy needs of industry and individual users. Their development also affects the reduction of CO₂ emissions and potential reduction of greenhouse effect as well as initiates technological progress in relevant areas. This article presents the configuration of household electrical micro-installation that is used in the northern part of Poland. The directions and reasons for its modernization were discussed. The results of the measurements of the amount of energy produced and the analysis of the efficiency of its production, in the energy, economic and legal context were considered. Technical conditions and legal regulations for RES systems in Poland are still not favorable. Private investors build RES systems at their own risk. Currently, the return period on investment in this area is far from the information contained in the advertising of RES equipment. Increasing the rates for resale electrical energy and subsidizing the construction of the RES plants will certainly help to expand the pool of potential investors. In response to a question in the title of the article: it can be profitable.

Keywords: renewable energy sources, micro-installations, measurements, efficiency.

