

Paweł JANCZAK*
Grzegorz TRZMIEL*

CHARAKTERYSTYKA INSTALACJI FOTOWOLTAICZNYCH MAŁEJ MOCY W ASPEKCIE EKONOMICZNYM

W pracy przedstawiono najważniejsze, zdaniem autorów, aspekty ekonomiczne planowania inwestycji dotyczących przydomowych systemów fotowoltaicznych dołączonych do sieci elektroenergetycznej. W rozważaniach krótko scharakteryzowano rodzaje współpracy instalacji PV typu „on-grid” z siecią elektro-energetyczną. Ponadto zaproponowano uproszczoną procedurę doboru wielkości instalacji PV oraz metodę szacowania kosztów. Końcowym efektem podjętego tematu było określenie czasu zwrotu inwestycji w bieżących uwarunkowaniach prawnych na terenie Polski. Wspomniano również o nowej, uchwalonej w styczniu 2015 r. ustawie dotyczącej odnawialnych źródeł energii.

SŁOWA KLUCZOWE: instalacja fotowoltaiczna, system „on-grid”, szacowanie kosztów, czas zwrotu inwestycji

1. WPROWADZENIE

Z dniem 11 września 2013 roku weszła w życie nowelizacja ustawy z dnia 10 kwietnia 1997 roku Prawo energetyczne, zwana „małym trójpakietem energetycznym”. W rozdziale 1, artykuł 3, punkt 20b) zdefiniowano pojęcie mikroinstalacji, jest to: „odnawialne źródło energii, o łącznej mocy zainstalowanej elektrycznej nie większej niż 40 kW, przyłączone do sieci elektroenergetycznej o napięciu znamionowym niższym niż 110 kV lub o łącznej mocy zainstalowanej cieplnej nie większej niż 120 kW;” [3]. Następnie w rozdziale drugim, artykuł 7, punkt 8, podpunkt 3b) określa się brak konieczności wnoszenia opłat za podłączenie do dystrybucyjnej sieci elektroenergetycznej mikroinstalacji [3]. Zmiany w ustawie są częścią procesu mającego przygotować polskie prawo do wprowadzenia w przyszłości jednolitej ustawy regulującej kwestie związane z odnawialnymi źródłami energii. W założeniu ma ona upraszczać kwestie związane z odsprzedażą do sieci energii elektrycznej wytworzonej przez osoby prywatne i ułatwiać proces przyłączenia instalacji do sieci publicznej [6].

* Politechnika Poznańska.

2. CHARAKTERYSTYKA SYSTEMÓW ON-GRID

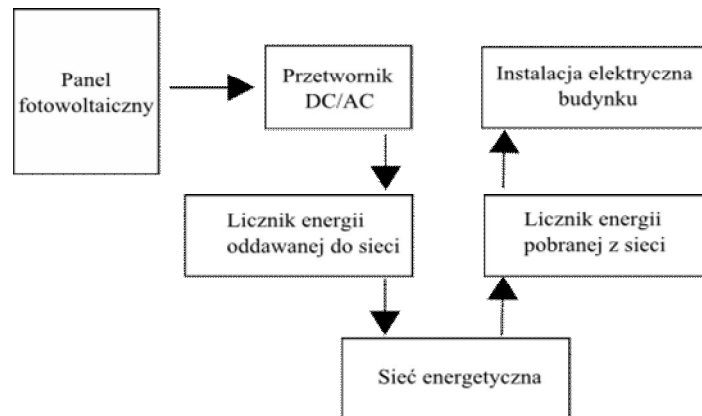
Polska jest krajem, którego zasoby słoneczne zasadniczej części wynoszą około 950 kWh na 1m² powierzchni [2]. Oznacza to, że żaden z regionów nie jest szczególnie uprzywilejowany pod kątem inwestycji fotowoltaicznych, jednocześnie żaden nie posiada wyraźnych przeciwwskazań dla rozwoju inwestycji wykorzystujących energię słoneczną. Jednocześnie średnia liczba tak zwanych „godzin słonecznych”, umożliwiających efektywną generację energii elektrycznej wynosi około 1600 h, przy czym prawie 80% z nich przypada na okres od kwietnia do września [1, 2], np. w lipcu jest to statystycznie 238 godzin [11].

Uwzględniając przedstawione uwarunkowania energetyczne można założyć, że stosowanie instalacji autonomicznych („off-grid”), a więc nie połączonych z publiczną siecią elektroenergetyczną, do zasilania budynków niskoenergetycznych jest przedsięwzięciem niezwykle kosztownym, z uwagi na konieczność znacznego przewymiarowania zarówno powierzchni instalacji fotowoltaicznej, jak i pojemności baterii akumulatorów. Inwestycja w system „off-grid” może być opłacalna w przypadku braku możliwości przyłączenia budynku do sieci elektroenergetycznej (np. schronisko wysokogórskie). Alternatywnym rozwiązaniem, zwiększającym pewność ciągłości zasilania, jest wybranie systemu hybrydowego z dodatkowymi źródłami zasilania. Jedną ze stosowanych instalacji tego typu jest współpraca paneli fotowoltaicznych z turbiną wiatrową. Opłacalność tego rozwiązania wynika z faktu, że w okresie od października do marca prędkości osiąmane przez wiatr na niskich wysokościach są znacznie wyższe niż przez pozostałą część roku i mogą uzupełniać niedobory energii słonecznej, a także mogą pracować bez względu na porę dnia [2].

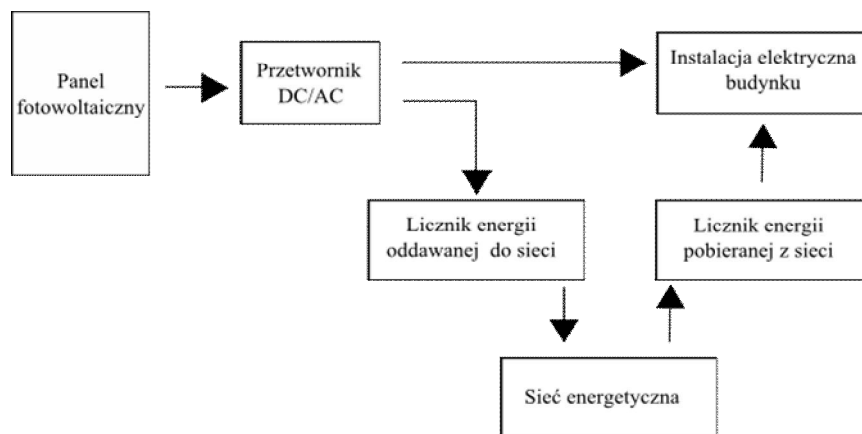
Najbezpieczniejszym, z punktu widzenia użytkownika indywidualnego, systemem fotowoltaicznym jest system sprzężony z siecią elektroenergetyczną, tak zwany „on-grid”. Instalacje tego typu składają się najczęściej z wielu paneli fotowoltaicznych oraz inwertera sieciowego, którego zadaniem jest dopasowanie parametrów napięcia generowanego do sieci dystrybucyjnej [1]. Najczęściej systemy te oddają nadmiar niewykorzystanej energii elektrycznej do sieci, umożliwiając jej pobór w okresie zwiększonego zapotrzebowania. Na rysunkach 1 i 2 przedstawiono schematy blokowe instalacji fotowoltaicznej „on-grid” stosowanych w zależności od ceny 1 kWh energii elektrycznej.

Przedstawiony na rysunku 1 typ instalacji nie jest obecnie wykorzystywany na terenie Polski, ponieważ stosuje się go jedynie wtedy, gdy cena energii sprzedanej do sieci publicznej jest większa niż tej samej ilości energii pobranej. Energia elektryczna wygenerowana przez panele fotowoltaiczne w procesie konwersji jest przekształcana przez falownik sieciowy na energię prądu przemiennego, po czym w całości oddawana jest do sieci elektroenergetycznej.

Całość energii koniecznej do zasilania obiektu jest w tym wypadku pobierana z sieci publicznej [1].



Rys. 1. Schemat instalacji fotowoltaicznej współpracującej z siecią elektroenergetyczną przy cenie energii z sieci niższej od energii pozyskiwanej z systemu fotowoltaicznego [1]



Rys. 2. Schemat instalacji fotowoltaicznej współpracującej z siecią elektroenergetyczną przy cenie energii z sieci wyższej od energii pozyskiwanej z systemu fotowoltaicznego [1]

Typ instalacji przedstawiony na rysunku 2 jest najczęściej stosowanym obecnie rodzajem systemu fotowoltaicznego. W tej konfiguracji energia generowana przez panele fotowoltaiczne wykorzystywana jest do zasilania obiektu. Układ ten daje jednak możliwość odsprzedawania nadmiaru niewykorzystanej energii do sieci w warunkach zwiększonego nasłonecznienia lub zmniejszonego zapotrzebowania na moc przez użytkownika, a także pozwala na pobór energii z sieci w sytuacji jej większego zapotrzebowania. Układ taki zapewnia największą pewność ciągłości zasilania budynku [1, 2, 6].

3. ASPEKT EKONOMICZNY

Pierwszym korkiem, który należy przedsięwziąć przy planowaniu inwestycji fotowoltaicznych jest określenie zasobów energii słonecznej w danej lokalizacji oraz energii elektrycznej, którą można uzyskać z 1m² powierzchni ogniw. W tym celu można posłużyć się wzorem [2]:

$$E_j = N \cdot \eta_p, \quad (3.1)$$

gdzie: E_j – oznacza energię elektryczną jednostkową wyprodukowaną przez panel fotowoltaiczny o powierzchni równej 1m² w jednostce czasu [kWh/m²], N – energia promieniowania słonecznego w jednostce czasu [kWh/m²], η_p – sprawność panelu fotowoltaicznego.

Wzór (3.1) umożliwi obliczenie całkowitej energii dostarczanej przez zestaw paneli fotowoltaicznych w jednostce czasu [2]:

$$E_S = S \cdot E_j, \quad (3.2)$$

gdzie: S – całkowita powierzchnia ogniw fotowoltaicznych [m²], E_S – energia elektryczna pozyskana z ogniw o powierzchni S [kWh].

Następnie należy oszacować całkowitą wielkość instalacji fotowoltaicznej, jakiej potrzebować będzie inwestor indywidualny. Należy przez to rozumieć zarówno powierzchnię zajmowaną przez panele jak i moc pojedynczego panelu. W celu wyznaczenia wielkości instalacji PV należy przeanalizować zapotrzebowanie na energię elektryczną w określonym obiekcie. Można w tym celu wyznaczyć średnie miesięczne zużycie energii elektrycznej w budynku na podstawie dotychczasowego jej zużycia lub, w wypadku nowo powstających zabudowań, oszacować jej zużycie na podstawie mających znajdować się z nich urządzeń i spodziewanego czasu ich użytkowania. Przykładową zależność zużycia energii elektrycznej w gospodarstwie domowym zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Przykładowe średnie roczne zapotrzebowanie na energię elektryczną [5]

| Liczba mieszkańców obiektu | Średnie roczne zapotrzebowanie na energię elektryczną [kWh/rok] |
|----------------------------|---|
| 1 | 1900 |
| 2 | 3100 |
| 3 | 3500 |
| 4 | 4500 |
| 5 | 5700 |

Należy jednak pamiętać, że zapotrzebowanie na energię elektryczną zależy od wielu czynników m.in. od wieku oraz liczby mieszkańców.

W razie stwierdzenia trudności z oszacowaniem rocznej lub miesięcznej produkcji energii elektrycznej, producenci oraz dystrybutorzy często podają uśrednione wartości uzyskane na terenie danego kraju. Przykładowe wartości rocznej produktywności kompletnych zestawów „on-grid” na terenie Polski przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Szacunkowa roczna produktywność zestawów „on-grid” w Polsce [4]

| Lp. | Moc paneli [kWp] | Produkcja energii [kWh/rok] |
|-----|------------------|-----------------------------|
| 1 | 3,0 | 2971 |
| 2 | 4,0 | 3986 |
| 3 | 5,0 | 4980 |
| 4 | 6,0 | 5876 |
| 5 | 10,5 | 9283 |

Ostatnim krokiem jest wybór urządzeń wchodzących w skład systemu. Obecnie większość dystrybutorów odnawialnych źródeł energii proponuje gotowe zestawy. Rozwiązanie to jest relatywnie wygodne z uwagi na brak konieczności samodzielnego doboru falownika do określonej mocy paneli. Ceny przykładowych zestawów „on-grid” przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Zestawienie cenowe przykładowych kompletnych zestawów „on-grid” [9]

| Lp. | Moc paneli [kWp] | Cena zestawu brutto [PLN] | Cena 1 kWp mocy zainstalowanej [PLN] |
|-----|------------------|---------------------------|--------------------------------------|
| 1 | 3,0 | 15621,00 | 5207,00 |
| 2 | 4,0 | 19557,00 | 4889,25 |
| 3 | 5,0 | 23370,00 | 4674,00 |
| 4 | 6,0 | 27306,00 | 4551,00 |
| 5 | 10,5 | 43665,00 | 4158,57 |

Ostatecznie, uwzględniając wszystkie wymienione czynniki oraz możliwości dofinansowania inwestycji (program Prosument [8]), można oszacować zwrot kosztów inwestycji w kolejnych latach:

$$Z_k = E_z \cdot C_z \cdot l + E_o \cdot C_o \cdot l, \quad (3.3)$$

gdzie: Z_k – zwrot kosztów inwestycji [PLN], E_z – pokrycie zużycia energii przez instalację fotowoltaiczną w ciągu roku [kWh], E_o – energia elektryczna sprzedana do sieci w ciągu roku [kWh], l – liczba lat funkcjonowania instalacji

[-], C_o – średnia cena jednostkowa energii elektr. oddanej do sieci publicznej [PLN] [7],
 C_z – średnia cena jednostkowa energii elektr. pobranej z sieci publicznej [PLN] [7].

Przykładowo, wykorzystując wzór (3.3) oraz dane tabeli 2, dla pięcioosobowego gospodarstwa domowego, w którym inwestor decyduje się na zakup instalacji o mocy 10,5 kWp, przy cenie energii pobranej z sieci równej 0,53 zł/kWh i cenie energii oddanej do sieci wynoszącej 0,16 zł/kWh, dla warunków najbardziej optymalnych, to jest takich, gdy system PV jest w stanie pokryć całkowite zapotrzebowanie na energię elektryczną budynku i sprzedać pozostałą energię elektr. do sieci, otrzymuje się w skali jednego roku zwrot kosztów inwestycji na poziomie:

$$Z_k = 5700 \cdot 0,53 \cdot 1 + 3583 \cdot 0,16 \cdot 1 = 3594 \text{ PLN.}$$

Przy cenie zestawu z kosztami montażu i serwisowania, po uwzględnieniu dofinansowania 40% [8], na poziomie 34000 zł można oszacować, że całkowity zwrot kosztów systemu powinien nastąpić w przeciągu 8-9 lat. Podczas obliczeń założono minimalne koszty obsługi kredytu, wynikające z programu Prosument.

4. PODSUMOWANIE

Znaczącą zaletą systemów fotowoltaicznych jest możliwość ich powszechnej implementacji. W wypadku instalacji połączonych z publiczną siecią dystrybucyjną nie tylko zwiększa się pewność ciągłości zasilania obiektu, który w wypadku awarii sieci zasilającej może działać w oparciu o własne źródło energii, ale również umożliwia ewentualną sprzedaż nadmiaru energii. Przewagą tego typu systemów nad instalacjami autonomicznymi są, z punktu widzenia inwestora, możliwości znacznego zmniejszenia kosztów wstępnych poniesionych na zakup systemu. Wynika to z braku konieczności stosowania zasobników energii, a tym samym regulatora ładowania oraz możliwości zakupu mniejszej liczby samych paneli słonecznych. W praktyce oznacza to, że systemy wolnostojące wykorzystywane są najczęściej do zasilania pojedynczych obiektów, takich jak na przykład grzałki basenowe, a także do zasilania budynków znajdujących się w znacznej odległości od sieci dystrybucyjnej. Jednym z argumentów, skłaniających indywidualnych odbiorców energii elektrycznej do inwestowania we własne źródła wytwórcze, jest ponadto stale rosnąca cena energii elektrycznej.

Znacznym utrudnieniem dla potencjalnych inwestorów był do tej pory ciągły brak jednolitej ustawy, która regulowałaby sprawy związane z odnawialnymi źródłami energii. Uchwalona 16 stycznia 2015 r. przez Sejm ustawa o odnawialnych źródłach energii ma znacząco ułatwić procedury przyłączenia systemów fotowoltaicznych do sieci dystrybucyjnej, a także zwiększyć cenę jednostkową energii sprzedanej przez właściciela systemu [6]. Stała cena za energię ze źródeł do 3 kW przez 15 lat ma wynosić 75 gr/kWh. Stała cena energii ma obowiązywać też dla źródeł o mocach pomiędzy 3 a 10 kW i ma wynieść 65 gr/kWh [10].

Obecnie znaczna część dystrybutorów odnawialnych źródeł energii pomaga w wypełnieniu formalności i uzyskaniu pozytywnego rozpatrzenia decyzji o przyłączeniu do sieci dystrybucyjnej [4, 6]. Dzięki temu przewidywany jest znaczny wzrost liczby indywidualnych użytkowników, odsprzedających do sieci nadmiar energii pochodzącej ze źródeł własnych. Źródła podają [2, 6], że do zasilenia budynków jednorodzinnych w zupełności wystarczy system o mocy około 10 kWp mocy zainstalowanej. System taki umożliwi odsprzedawanie znacznej części wytwarzanej energii. W pracy oszacowano, że przy aktualnych cenach zestawów oraz jednostkowej cenie energii elektrycznej oddawanej i pobieranej z sieci pełen zwrot nakładów finansowych możliwy jest już nawet po około 7 latach, podczas, gdy szacowany i gwarantowany czas pracy paneli osiąga obecnie nawet 25 lat [4]. Po wejściu w życie nowej ustawy czas zwrotu nakładów finansowych ulegnie znacznemu skróceniu.

LITERATURA

- [1] Jastrzębska G., Ogniwa słoneczne. Budowa, technologia i zastosowanie, Warszawa, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności 2013.
- [2] Zimny J., Odnawialne źródła energii w budownictwie niskoenergetycznym, Kraków-Warszawa, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne 2010.
- [3] Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997r. Prawo Energetyczne (Dz. U. z 2012 r., poz. 1059, z 2013 r. poz. 984 i poz. 1238 oraz z 2014 r. poz. 457, poz. 490, poz. 900, poz. 942, poz. 1101 i poz. 1662).
- [4] <http://www.eco-technika.com.pl/oferta/Panele-fotowoltaiczne/systemy-on-grid.html> (dostęp 10.01.2015).
- [5] <http://www.energiaidom.pl/ile-pradu-rocznie-zuzywaja-statystyczni-kowalscy> (dostęp).
- [6] <http://www.fotowoltaika.info> (dostęp 12.12.2014).
- [7] <http://www.ieo.pl/pl/aktualnosci/> (dostęp 10.01.2015).
- [8] <http://programprosument.org.pl/> (dostęp 08.01.2015).
- [9] http://www.soltec.sklep.pl/kompletne-systemy-fotowoltaiczne-c-86_112.html?str=50 (dostęp 15.01.2015).
- [10] http://energetyka.wnp.pl/sejm-uchwalil-ustawe-o-odnawialnych-zrodlach-energii,242496_1_0_0.html (dostęp 28.01.2015).
- [11] <http://www.weatheronline.pl> (dostęp 26.01.2015).

CHARACTERISTICS OF LOW POWER PHOTOVOLTAIC SYSTEMS IN ECONOMIC ASPECT

The paper presents the most important, according to the authors, the economic aspects of investment planning for the household photovoltaic systems connected to the grid. In considering was characterized shortly types of cooperation on-grid PV installation with the electricity network. Moreover the simplified procedure for sizing the PV installation and the method of estimating the costs was proposed. The final effect of this topic was to determine the payback time in the current law aspects in Polish. The new, adopted in January 2015 the Law on renewable energy sources was also mentioned.