

Ryszard NAWROWSKI*
Tomasz JARMUDA*

PROJEKT HYBRYDOWEJ ELEKTROWNI SŁONECZNO-WIATROWEJ

Artykuł przedstawia projekt hybrydowej elektrowni słoneczno-wiatrowej. W pracy przedstawiono zagadnienia, związane z wytwarzaniem energii elektrycznej z zastosowaniem turbin wiatrowych i paneli fotowoltaicznych. W opracowaniu zaprezentowano projekt elektrowni hybrydowej podwójnej, zbudowany z elektrowni wiatrowej i słonecznej. W projekcie opisano założenia projektowe, strukturę elektrowni, dobór akumulatora oraz bilans elektrowni słoneczno-wiatrowej. Przeanalizowano produkcję energii elektrycznej w poszczególnych miesiącach z elektrowni hybrydowej oraz zapotrzebowanie na energię elektryczną.

SŁOWA KLUCZOWE: energia wiatru, energia słońca, elektrownia hybrydowa

1. WSTĘP

Elektrownie oparte na jednym odnawialnym źródle energii są uzależnione od nieprzewidywalnych czynników klimatycznych, które powodują okresowość produkcji energii elektrycznej i jej znaczną zmienność. W związku z tym efektywnym rozwiązaniem mogą okazać się elektrownie hybrydowe. Według rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 18 października 2012 r., układem hybrydowym (HSV) jest jednostka wytwórcza, wytwarzająca energię elektryczną albo energię elektryczną i ciepło. Wyróżniamy dwa systemy hybrydowe. Hybrydowy układ wytwórczy z dwoma rodzajami zastosowanych technologii, nazywany „podwójnym” oraz układ z wieloma źródłami, określanymi jako „wieloraki”. W prezentowanym artykule przedstawiono strukturę systemu hybrydowego podwójnego.

Obecnie najbardziej popularnym systemem hybrydowym podwójnym jest elektrownia słoneczno-wiatrowa. Jako zaletę tego systemu należy wymienić bezpieczeństwo dla środowiska, ponieważ nie emituje zanieczyszczeń do ekosystemu. Kolejną zaletą jest ograniczenie kosztów przesyłu i dystrybucji w związku z budową danego systemu blisko lokalnych odbiorców. Hybrydowe układy wytwórcze dają możliwość produkcji nie tylko energii elektrycznej, ale także energii cieplnej, poprzez zastosowanie w tym celu odpowiednich akumulatorów, tj. silników

* Politechnika Poznańska.

Stirlinga, silników tłokowych, ogniw paliwowych itp. Systemy hybrydowe można łączyć nie tylko z odnawialnymi źródłami energii, ale także z konwencjonalnymi.

Systemy hybrydowe wzajemnie kompensują zalety i wady odnawialnych źródeł energii, z których produkowana jest energia elektryczna w danym układzie wytwożczym. Zanim podejmie się decyzję o inwestycji w dany system, należy przeprowadzić analizę efektywności energetycznej. Składają się na nią ocena wydajności energetycznej, ocena efektywności społeczno-ekologicznej oraz ocena efektywności ekonomicznej. System hybrydowy jest bardziej opłacalny ekonomicznie niż poszczególne pojedyncze elektrownie, oparte na odnawialnych źródłach energii, a jego zastosowanie może być przyjazne dla środowiska. Dzięki temu systemowi możemy dopasować produkcję energii elektrycznej do popytu, a także akumulować nadwyżkę energii wyprodukowanej we wcześniejszych miesiącach. Obecnie stosowanymi technologiami magazynowania wytworzonej energii elektrycznej są kinetyczne zasobniki energii (FES), ogniwa paliwowe i paliwowo-wodorowe, elektrownie szczytowo-pompowe, pneumatyczne zasobniki energii (CAES), superkondensatory, nadprzewodzące zasobniki energii (SMES) oraz bateryjne zasobniki energii [5, 8].

Należy podkreślić, że popyt na systemy magazynowania energii wzrośnie zgodnie z rozwojem odnawialnych źródeł energii i generacji rozproszonej. Oprócz klasycznych wielkich systemów wodnych, będzie konieczne zastosowanie nowych rozwiązań. Będą one musiały być elastyczne pod względem zmian mocy i pojemności, jak np. baterie chemiczne, superkondensatory, ogniwa paliwowe. Największe systemy magazynowania energii powstaną w pobliżu elektrowni słonecznych, wiatrowych i słoneczno-wiatrowych. Słońce i wiatr należą do nieprzewidywalnych źródeł, z których uzysk czystej energii może występować bez urządzenia magazynującego. System magazynowania energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych powinien mieć bardzo dobre właściwości dynamiczne, tzn. powinien mieć odpowiednie zużycie mocy znamionowej i powinien zmieniać kierunek przepływu energii. W przypadku turbin wiatrowych rozwiązaniem jest zastosowanie systemów elektrochemicznych i superkondensatorów. Jednak z ekonomicznego punktu widzenia, akumulatory ołowioowo - kwasowe są nadal najlepszym rozwiązaniem [1, 2, 6, 9].

2. PROJEKT ELEKTROWNI SŁONECZNO-WIATROWEJ

2.1. Założenia projektowe elektrowni hybrydowej

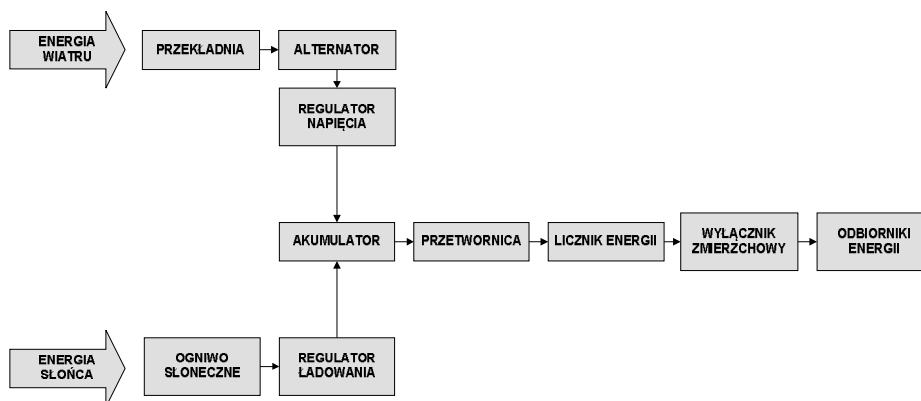
Do projektu przyjęto następujące założenia:

- elektrownia hybrydowa będzie działała w systemie autonomicznym off-line, bez współpracy z siecią elektryczną,
- elektrownia hybrydowa będzie służyła do zasilania oświetlenia o mocy 75 W,

- oświetlenie będzie czynne od zmierzchu do świtu (akumulacja energii w dzień i jej odzysk w nocy),
- czas pracy systemu na zasilaniu z akumulatora to 2 dni (zachmurzone niebo i bezwietrzna pogoda) [4].

2.2. Struktura elektrowni hybrydowej

Przyjęto, że do elektrowni hybrydowej będzie zastosowany zespół dwóch modułów fotowoltaicznych o mocy $P = 100 \text{ W}$, napięciu $U = 12 \text{ V}$ i łącznej powierzchni $S = 0,86 \text{ m}^2$ oraz jedna turbina wiatrowa o średnicy wirnika równej 2,2 m. Schemat blokowy elektrowni słoneczno-wiatrowej przedstawiono na rys. 1. Urządzeniem dokonującym pośredniej konwersji energii wiatru na energię elektryczną jest alternator. W gondoli elektrowni wiatrowej znajduje się trójłopatkowy wirnik, napędzający alternator za pośrednictwem przekładni. Energia elektryczna z obrotowej gondoli jest przekazywana do akumulatora za pośrednictwem przewodów elektrycznych umieszczonych wewnątrz masztu. Konwersja energii słońca na energię elektryczną zachodzi w fotoogniwie w wyniku zjawiska fotowoltaicznego. Energia elektryczna z fotoogniwa jest przekazywana za pomocą przewodów elektrycznych do szafy sterowniczej, w której znajduje się regulator ładowania, a następnie do akumulatorów. Oś obrotu wirnika elektrowni wiatrowej znajduje się na wysokości $h = 10 \text{ m}$, natomiast fotoogniwo jest zainstalowane na wysokości $h = 7,5 \text{ m}$ [4].



Rys. 1. Schemat blokowy elektrowni słoneczno-wiatrowej

2.3. System magazynowania energii

Zadaniem akumulatora w systemie PV jest kompensowanie niedopasowania zapotrzebowania na energię i poziomu dostarczonej chwilowo energii elektrycznej. Związane jest to zarówno z porą dnia (więcej energii zużywamy zwykle wieczorem, a otrzymujemy w południe), zmiennością natężenia

promieniowania i koniecznością posiadania pewnego zapasu energii (na około 2-3 dni latem i 3-5 dni zimą). W celu przedłużenia żywotności akumulatora warto pokrycie zapotrzebowania przewidywać z 50% zapasem, aby uniknąć głębokiego rozładowania [3].

Do obliczeń przyjęto najdłuższy dobowy czas pracy oświetlenia w miesiącu zimowym $t = 16$ h. Jeżeli oświetlenie o mocy $P = 75$ W będzie eksploatowane w czasie $t = 16$ h, to zapotrzebowanie dobowe na energię elektryczną będzie miało wartość, zgodnie ze wzorem 2.1.

$$A = P \cdot t = 75W \cdot 16h = 1200 Wh \quad (1)$$

Pojemność akumulatora obliczamy wg wzoru (2)

$$C = \frac{2 \cdot A \cdot F}{U} \quad (2)$$

gdzie: A – dzienne zapotrzebowanie na energię elektryczną [W·h],
 F – współczynnik związany z rezerwą energii ($F = 2,5$ latem, $F = 4,0$ zimą),
 U – napięcie systemu [V].

Dla dziennego zapotrzebowania na energię elektryczną latem w ilości $A = 1200$ Wh w systemie o napięciu $U = 12$ V, otrzymujemy pojemność zgodnie ze wzorem 2.3.

$$C = \frac{2 \cdot 1200 \cdot 2,5}{12} = 500 Ah \quad (3)$$

Dla dziennego zapotrzebowania na energię elektryczną zimą w ilości $A = 600$ Wh (uwzględniamy 50% rozładowanie akumulatora) w systemie o napięciu $U = 12$ V, otrzymujemy pojemność zgodnie ze wzorem 2.4.

$$C = \frac{2 \cdot 600 \cdot 4,0}{12} = 400 Ah \quad (4)$$

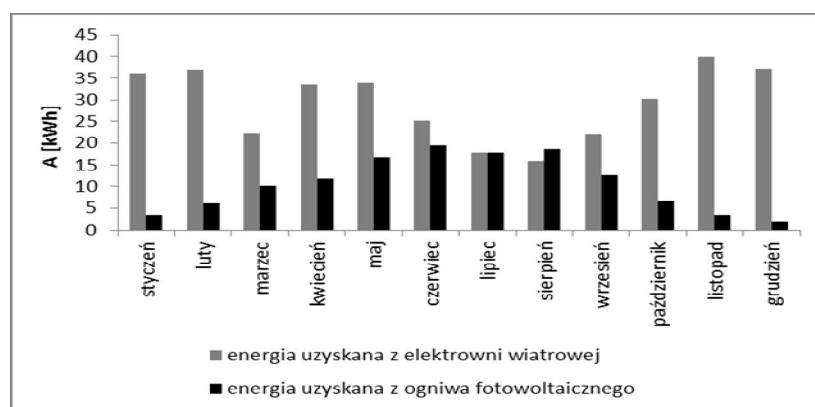
Ostatecznie zdecydowano zastosowanie baterii akumulatorów o całkowitej pojemności $C = 500$ Ah.

2.4. Bilans elektrowni słoneczno-wiatrowej

Produkcję energii elektrycznej w poszczególnych miesiącach z elektrowni wiatrowej i słonecznej przedstawiono na rys. 2. Najwyższa produkcja energii elektrycznej z elektrowni wiatrowej występuje w miesiącach zimowych, a najniższa w miesiącach letnich. Dla elektrowni słonecznej najwyższa produkcja energii elektrycznej ma miejsce w miesiącach letnich, a najniższa w miesiącach zimowych.

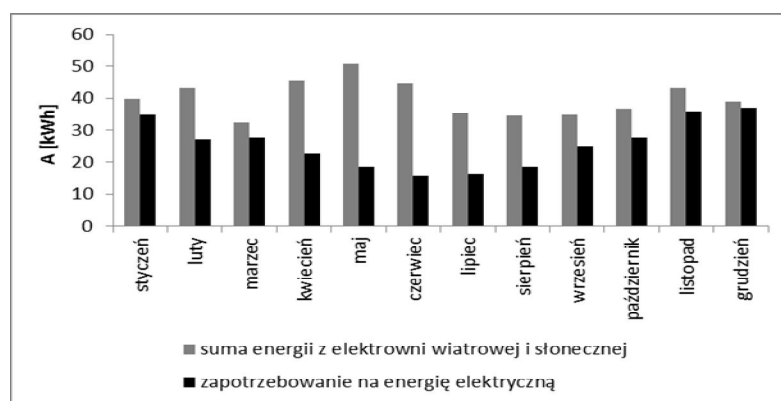
Jednym z elementów analizy efektywności energetycznej jest oszacowanie zasobów energetycznych wiatru i promieniowania słonecznego dla danego miejsca wraz z zapotrzebowaniem na energię elektryczną lokalnych mieszkańców. Sumaryczną produkcję energii elektrycznej z elektrowni wiatrowej i słonecznej w

odniesieniu do zapotrzebowania na energię w poszczególnych miesiącach przedstawiono na rys. 3. Największe zapotrzebowanie na energię występuje w grudniu, przy dość niskich zasobach wiatru i słońca. W miesiącach letnich występuje nadwyżka energii, która może zostać zmagazynowana. Najbardziej zasobnym w energię słońca i wiatru jest maj i w tym miesiącu nadwyżka energii z elektrowni hybrydowej jest prawie trzykrotnie wyższa niż zapotrzebowanie.



Rys. 2. Produkcja energii elektrycznej w poszczególnych miesiącach z elektrowni wiatrowej oraz ogniwa fotowoltaicznego [4]

Dzięki połączeniu elektrowni wiatrowej i słonecznej istnieje możliwość zaspokojenia potrzeb energetycznych, gdyż niedobór jednego ze źródeł doskonale uzupełnia źródło drugie. Elektrownia słoneczno-wiatrowa może więc stanowić alternatywę dla konwencjonalnych elektrowni, wykorzystując tylko odnawialne źródła energii, czyli produkując tzw. czystą energię [7].



Rys. 3. Sumaryczna produkcja energii elektrycznej z elektrowni wiatrowej i słonecznej w odniesieniu do zapotrzebowania na energię w poszczególnych miesiącach [4]

3. PODSUMOWANIE

Artykuł przedstawia projekt hybrydowej elektrowni słoneczno-wiatrowej. W pracy przedstawiono zagadnienia, związane z wytwarzaniem energii elektrycznej z zastosowaniem turbin wiatrowych i paneli fotowoltaicznych. W opracowaniu zaprezentowano projekt elektrowni hybrydowej podwójnej, zbudowany z elektrowni wiatrowej i słonecznej.

Na podstawie analizy produkcji energii elektrycznej w poszczególnych miesiącach z elektrowni wiatrowej i słonecznej stwierdzono, że najwyższa produkcja energii elektrycznej z elektrowni wiatrowej występuje w miesiącach zimowych, a najniższa w miesiącach letnich. Natomiast dla elektrowni słonecznej najwyższa produkcja energii elektrycznej ma miejsce w miesiącach letnich, a najniższa w miesiącach zimowych.

Na podstawie analizy sumarycznej produkcji energii elektrycznej z elektrowni wiatrowej i słonecznej w odniesieniu do zapotrzebowania na energię w poszczególnych miesiącach stwierdzono, że największe zapotrzebowanie na energię występuje w grudniu, przy dość niskich zasobach wiatru i słońca. W miesiącach letnich występuje nadwyżka energii, która może zostać zmagazynowana. Najbardziej zasobnym w energię słońca i wiatru jest maj i w tym miesiącu nadwyżka energii z elektrowni hybrydowej jest prawie trzykrotnie wyższa niż zapotrzebowanie.

LITERATURA

- [1] Daly PA, Morrison J, Understanding the potential benefits of distributed generation on power delivery systems, Rural Electric Power Conference, 2001, s.A211– A213.
- [2] Kim JE, Hwang JS, Islanding detection method of distributed generation units connected to power distribution system, Proceedings of the IEEE Summer Meeting, 2001, s. 643–647.
- [3] Klugmann-Radziemska E., Odnawialne źródła energii, Przykłady obliczeniowe, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk, 2009, s. 45-46.
- [4] Opracowanie własne na podstawie danych z Sitarz S., Projekt hybrydowej elektrowni słoneczno-wiatrowej, Mechanics, 2005, Vol. 24, No. 3, s. 211-219.
- [5] Paska J., Generacja rozproszona z wykorzystaniem hybrydowych układów wytwórczych, Czasopismo Energetyka 6/2013 (708), ISSN 0013-7294, Oficyna Wydawnicza ENERGIA, Katowice, czerwiec 2013, s. 459.
- [6] Salles MBC, Freitas W, Morelato A, Comparative analysis between, SVC and DSTATCOM devices for improvement of induction generator stability, IEEE MELECON, Dubrovnik, Croatia, 2004.
- [7] Sitarz S., Projekt hybrydowej elektrowni słoneczno-wiatrowej, Mechanics, 2005, Vol. 24, No. 3, s. 211-219.

-
- [8] Stefaniak A., Systemy hybrydowe odnawialnych źródeł energii, miesięcznik ogólnopolski „Czysta Energia”, Nr 11(147)/2013, ISSN 1643-126X, Wydawnictwo Abrys, Poznań, listopad 2013, s. 22-23.
- [9] Strzelecki R., Benysek G., Power Electronics in Smart Electrical Energy Networks, Springer, Londyn, 2008, s. 300-301.

THE DESIGN OF A HYBRID SOLAR-WIND POWER PLANT

The article presents the design of a hybrid solar-wind power plant. The paper presents issues related to electricity generation using wind turbines and photovoltaic panels. The paper presents a hybrid dual power project built with wind and solar power. The project describes the design assumptions, structure, power, battery selection and balance of solar-wind power plant. The production of electricity in each month of the hybrid power plant and the demand for electricity was analyzed.