

Krzysztof PYTEL*
Kazimierz JARACZ*

ANALIZA MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA WYBRANYCH HYBRYDOWYCH UKŁADÓW POZYSKIWANIA ENERGII ZE ŹRÓDEŁ ODNAWIALNYCH

Efektywny i ekologicznie bezpieczny system pozyskiwania energii z przemieszczających się mas powietrza oraz energia pozyskana z promieniowania słonecznego posiada istotne walory energetyczne. Charakterystyczną cechą funkcjonującego w ten sposób systemu gospodarki energią jest zintegrowane zastosowanie kilku skutecznych i ekologicznie nieszkodliwych, wzajemnie współdziałających metod wytwarzania energii. W analizowanych warunkach klimatycznych, pod względem ilości produkowanej energii, elektrownia słoneczna produkuje zbliżone ilości energii w każdej z analizowanych lokalizacji a generowanie energii elektrycznej cechuje duża regularność. Większe zróżnicowanie występuje przy produkcji energii elektrycznej przez elektrownie wiatrowe, wrażliwe na ukształtowanie terenu, warunki klimatyczne i stopień zaawansowania technologicznego. Przeanalizowano sześć lokalizacji, uwzględniono ilość uzyskanej energii i unikniętą emisję zanieczyszczeń gazowych.

1. WPROWADZENIE

Wspieranie rozwoju energetyki źródeł odnawialnych jest poważnym wyzwaniem przynoszącym efekty ekologiczne i energetyczne dla państw oraz ekonomiczne dla inwestorów. Racjonalne gospodarowanie energią elektryczną i ciepłą przyczynia się do poszanowania kopalnych surowców energetycznych oraz polepszenia stanu środowiska. Prace nad rozwojem czystych ekologicznie układów hybrydowych wynikają z zalet zaobserwowanych w trakcie ich eksploatacji. Oczywiste zyski dla społeczeństwa wynikające ze stosowania takich układów to przede wszystkim redukcja kosztów energii w dłuższej perspektywie czasowej, redukcja emisji CO₂, SO₂, NO_x do atmosfery oraz zabezpieczenie dostaw energii poprzez dywersyfikację zasobów energetycznych. Zyski dla przemysłu, wynikające ze stosowania takich układów to przede wszystkim akceptowalne koszty zaspokajania zapotrzebowania na energię oraz aprobatą społeczną dla wykorzystanych zasobów.

Państwa Unii Europejskiej zakładają ambitny udział energii z odnawialnych źródeł w bilansie paliwowo - energetycznym na poziomie średnio 20 [%] w

* Uniwersytet Pedagogiczny w Krakowie.

przeciągu kilku najbliższych lat. Prognozowani liderzy tego rankingu to bogate kraje Europy Zachodniej. Rządy wielu krajów UE planują utworzenie czystego, pewnego systemu wytwarzania i dystrybucji energii, który to cel ma zostać osiągnięty między innymi poprzez zwiększenie udziału odnawialnych źródeł energii (OZE) w ogólnym bilansie energii. Systemy mogące zdynamizować ten proces to układy pozyskujące energię z więcej niż jednego zasobu energetycznego - układy hybrydowe.

W pracy przedstawiono wybrane hybrydowe układy energetyczne, pokazano uwarunkowania ich funkcjonowania oraz wskazano na perspektywy ich rozwoju.

2. ODNAWIALNE ŹRÓDŁA ENERGII W POLSCE

W 2010 roku w Polsce miały miejsce zmiany w strukturze produkcji energii elektrycznej cechujące się większą dynamiką źródeł odnawialnych oraz wzrostem krajowej produkcji (Tab. 1) i zużycia energii elektrycznej.

Tabela 1. Produkcja energii elektrycznej w 2010 roku według źródeł wytwarzania [1]

Energia	Udział [%]
Energia zielona – wyprodukowana w odnawialnych źródłach energii	7.1
Energia czerwona – wytworzona w kogeneracji z ciepłem	15.9
Energia czarna – pozostała wytworzona energia	77.0

Zakładając skuteczną promocję, korzystną politykę finansową i dotacje na programy badań i rozwój technologii OZE, jest szansa dla Polski na skuteczny rozwój energetyki odnawialnej na poziomie niewiele odbiegającym od poziomu wysokorozwiniętych krajów europejskich. W 2010 r. Prezes URE udzielił 134 koncesji na wytwarzanie energii elektrycznej w odnawialnych źródłach energii, 124 promes koncesji na wytwarzanie energii elektrycznej w OZE, natomiast na koniec 2010 roku sumaryczna moc zainstalowana w instalacjach OZE wyniosła 2 556,423 [MW] (Tab. 2).

Tabela 2. Produkcja energii elektrycznej i projekty instalacji w 2010 roku [1]

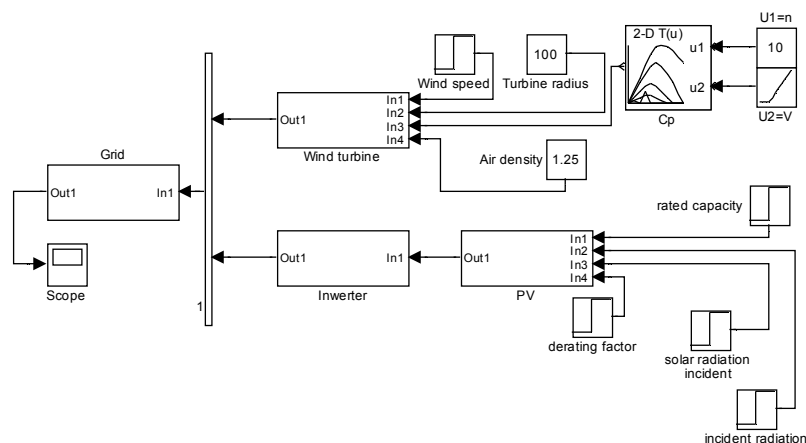
Zasób energetyczny	Instalacje OZE		Projektowane instalacje OZE	
	Moc [MW]	Liczba	Moc [MW]	Liczba
Biogaz	82,884	144	29,904	27
Biomasa	356,190	18	17,174	5
PV	0,033	3	1,123	5
Wiatr	1 180,272	413	3 570,679	169
Woda	937,044	727	7,563	13
Łącznie	2 556,423	1 305	3 626,443	219

Skuteczne działania promujące OZE w Polsce mają szansę doprowadzić do udziału energii ze źródeł odnawialnych w bilansie paliwowo-energetycznym kraju w perspektywie roku 2020 na poziomie około 15 [%]. Do realizacji tego celu mogą przysłużyć się hybrydowe układy pozyskiwania energii odnawialnej wykorzystywane w celu najbardziej efektywnego wykorzystania zasobów energetycznych zarówno odnawialnych jak i konwencjonalnych.

Modułowy charakter technologii OZE pozwala na ich stopniowe rozciągnięcie w miarę wzrostu zapotrzebowania i możliwości finansowych. Brak ciągłości zasobu, stochastyczne zmiany strumienia energii czy niedopasowanie podaży do popytu stanowią zasadnicze wady odnawialnych zasobów energetycznych, które mogą zostać zminimalizowane równoległym korzystaniem z dodatkowego zasobu energii. Hybrydowe układy pozyskiwania energii z odnawialnych źródeł są układami energetycznymi, w których energię wytwarzają przynajmniej dwa niezależne źródła energii. Są to systemy składające się z urządzeń wykorzystujących wybrane odnawialne zasoby energii (energia wiatru, słońca, wody, biomasy, geotermalnej, akumulatorów energii, ogniw paliwowych) i ewentualnie wykorzystujące energie konwencjonalnych zasobów energetycznych. Zaangażowanie w przedsięwzięcia z wykorzystaniem tych układów stanowi katalizator dla wprowadzania modernizacji tradycyjnych układów energetycznych na rzecz racjonalnego gospodarowania energią. Energia elektryczna wytwarzana jest w nich w sposób ciągły lub okresowy. Źródła dostarczają takiej ilości energii, która zabezpieczy potrzeby energetyczne w przypadku niezbędnego, całkowitego przejęcia roli jedyne go źródła energii. Jednocześnie nadwyżki energii mogą zostać zmagazynowane w akumulatorach energii a ewentualne niedobory mogą być uzupełniane zgromadzoną uprzednio energią. Są instalowane na całym świecie zarówno u indywidualnych odbiorców, jak i znajdują zastosowania przemysłowe. Mogą być źródłami energii będącej podstawowym, awaryjnym lub dodatkowym systemem zasilania. Ich wykorzystanie dynamizuje redukcję ilości wytwarzanych odpadów stałych, ciekłych i gazowych.

3. ANALIZA MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA UKŁADU HYBRYDOWEGO

Zaprojektowano układ pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych składający się z turbiny wiatrowej, ogniwa fotowoltaicznego i konwertera (Rys.1). Dobrano elektrownię wiatrową, przyjęto macierz ogniw fotowoltaicznych PV i zaproponowano wykorzystanie konwertera AC/DC. Przeprowadzono symulacje układu hybrydowego, których celem jest określenie przydatności stosowania wybranego systemu pozyskiwania energii w zależności od konfiguracji układu i warunków klimatycznych panujących na danym obszarze.



Rys. 1. Schemat systemu hybrydowego pozyskiwania energii

Wszystkie informacje o wykorzystywanej technologii i dostępności źródła energii zawarto w danych do symulacji. Do analiz wybrano dwa zasoby energetyczne, energię wiatru i promieniowania słonecznego. Dokonując analizy zasobów i źródeł energii odnawialnej przeprowadzono analizę potencjału energii wiatru oraz określono potencjał energii promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni Ziemi dla wybranych lokalizacji (Tab. 3).

Tabela 3. Charakterystyka lokalizacji dla systemu hybrydowego

Lokalizacja najbliższej stacji pogodowej	Symbol	Prędkość wiatru na wysokości 10 [m] n.p.g.	Szacunkowe całkowite nasłonecznienie dla optymalnie zorientowanych modułów PV
		[m/s]	[kWh/m ² /rok]
Jelenia Góra	A	2,0	1150
Rzeszów/Jasionka,	B	3,2	1100
Warszawa Okęcie	C	4,1	1175
Łeba	D	4,9	1200
Łęki Dukielskie	D1	5,1	1175
Gdańsk Rębiechowo	E	6,0	1150

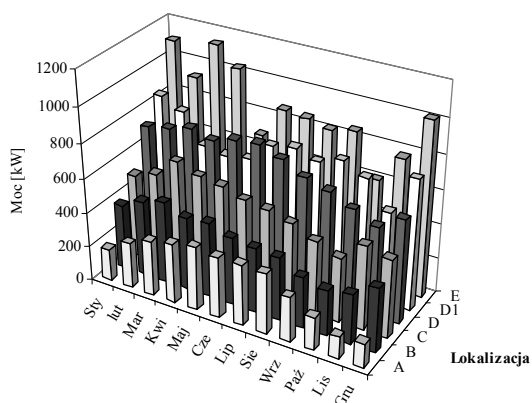
Ważnym elementem stała się charakterystyka wybranej elektrowni wiatrowej oraz słonecznej (Tab. 4). Elektrownię słoneczną zestawiono z modułów SunPower SPR-315E-WHT. Na podstawie analizy charakterystyk energetycznych elektrowni wiatrowych wytypowano elektrownię Vestas V100 o mocy nominalnej 1,8 [MW].

Na wykresach przedstawiono średnią ilość energii produkowanej w przeciągu roku w wybranych lokalizacjach. Ilość energii generowanej przez system

hybrydowy przedstawiono w funkcji lokalizacji (Rys. 2), udziału źródeł odnawialnych w produkowanej energii i okresu w ciągu roku.

Tabela 4. Charakterystyka ogólna układu hybrydowego

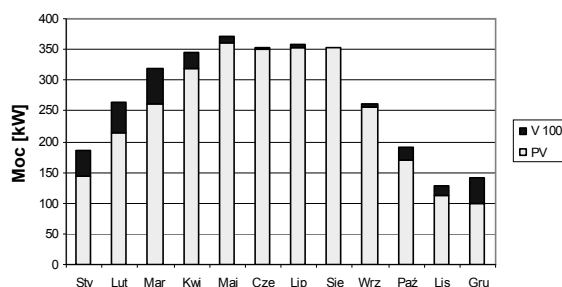
Parametr	Wartość	Jednostka
moc elektrowni wiatrowej	1,800	[MW]
powierzchnia pod elektrownią	1005310	[m ²]
powierzchnia pod elektrownią z oknem słonecznym	502655	[m ²]
moc pola modułów PV	1,7999	[MWp]
moc modułu PV	315	[Wp]
liczba modułów PV	5714	[sztuk]
szacunkowa gęstość mocy z powierzchni modułu PV	138,07	[W/m ²]
powierzchnia pola modułów PV netto	13036	[m ²]



Rys. 2. Średnia miesięczna moc dla układu hybrydowego

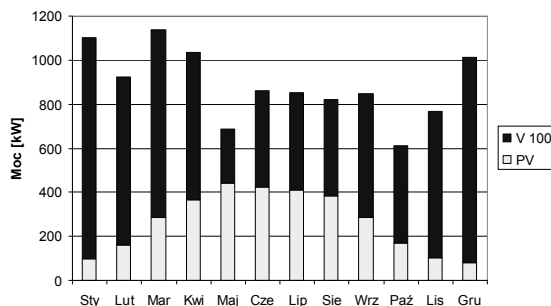
Dobierając elektrownie słoneczną i wiatrową o zbliżonej mocy zauważymy, że w lokalizacji A średnio w ciągu roku 91 [%] energii wytwarza elektrownia słoneczna. Pod względem ekonomicznym nieuzasadnione jest tworzenie w tej sytuacji układu skojarzonego wiatrowo – słonecznego. Analizując lokalizację pod kątem ekologicznym utworzenie układu umożliwi redukcją emisji do atmosfery ponad 205 [tCO₂]. Średnioroczna moc generowana jest na poziomie 272 [kW] (Rys. 3). W lokalizacji B układ skojarzony pracuje z zachowaniem proporcji generowania energii z elektrowni wiatrowej aktywnie wspomagającej elektrownię słoneczną. Średnioroczna moc generowana jest na poziomie 377 [kW]. Porównując tę wartość do mocy zainstalowanej (3,6 [MW]) zauważymy brak rentowności ekonomicznej, ale mając na uwadze stale rosnące ceny surowców

kopalnych oraz działania podejmowane w celu poszanowania klimatu, inwestycja przyniesie zysk ekologiczny. W lokalizacji B średnio w ciągu roku 68 [%] energii wytwarza elektrownia słoneczna.



Rys. 3. Średnia miesięczna moc dla systemu w lokalizacji A

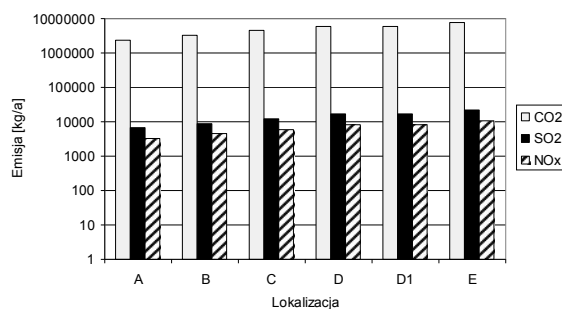
W lokalizacji C średnia miesięczna moc systemu jest na poziomie 514 [kW]. Zwiększenie uzyskanej mocy jest wynikiem bardziej efektywnego pozyskiwania energii z wiatru. Ilość energii wytwarzanej przez elektrownie słoneczną jest porównywalna do ilości energii generowanej przez elektrownię wiatrową o tej samej mocy. Dla lokalizacji A, B oraz C zwiększenie prędkości wiatru o 1 [m/s] to wzrost średniej mocy układu o około 100 [kW]. Dla warunków wiatrowych panujących w lokalizacji C, elektrownia wiatrowa wytwarza powyżej połowy generowanej mocy całkowitej. W lokalizacji D to zdecydowana dominacja elektrowni wiatrowej. Średnia miesięczna moc generowana jest na poziomie 694 [kW], czyli blisko 20 [%] mocy zainstalowanej. Średnio w ciągu roku 61 [%] energii wytwarza elektrownia wiatrowa. Całkowita roczna produkcja układu dla założonych warunków klimatycznych to około 6080 [MWh/a]. Lokalizacja D1 to pomimo dominującej roli elektrowni wiatrowej, porównywalna do lokalizacji D ilość rocznej produkcji energii elektrycznej systemu wiatrowo – słonecznego. Dla założonych warunków klimatycznych uzyskano około 6088 [MWh].



Rys. 4. Średnia miesięczna moc dla systemu w lokalizacji E

W lokalizacji D elektrownia słoneczna wygenerowała 2355 [MWh/a], natomiast w lokalizacji D1 cechującej się o 10 [%] lepszymi warunkami wiatrowymi, lecz mniejszym nasłonecznieniem wyprodukowała 2184 [MWh/a], co w ostatecznym bilansie uczyniło z lokalizacji porównywalne rozwiązanie pod kątem inwestycji. Średnioroczna moc generowana jest na poziomie 695 [kW]. Średnio w ciągu roku 64 [%] energii wytwarza elektrownia wiatrowa. W lokalizacji E uzyskano energię całkowitą na poziomie 7779 [MWh/a]. Elektrownia słoneczna generowała średnio 30 [%] całkowitej ilości energii. Średnia moc generowana jest na poziomie 888 [kW] (Rys. 4).

Porównując średnią miesięczną generowaną moc odnotowano, że energia generowana przez elektrownię wiatrową i słoneczną wzajemnie się uzupełniają w redukcji emisji zanieczyszczeń do atmosfery. Dzięki systemowi hybrydowemu w lokalizacji E uniknięto emisji do atmosfery około 12×10^3 [tCO₂], 21 [tSO₂] oraz 10 [tNO_x] (Rys. 5).



Rys. 5. Uniknięta emisja do atmosfery (CO₂, SO₂, NO_x) dla wybranych lokalizacji

Na podstawie analizy wykazano, że elektrownia słoneczna produkuje zbliżone ilości energii w każdej z analizowanych lokalizacji a produkcja energii elektrycznej towarzyszy duża regularność i przewidywalność. Duże zróżnicowanie występuje przy porównaniu ilości energii elektrycznej produkowanej przez elektrownie wiatrowe. Równocześnie każda forma wytwarzania energii elektrycznej wpływa na środowisko. Niezwykle istotnym zagadnieniem związanym z generowaniem energii przez elektrownie wiatrowe i solarne jest zdecentralizowana gospodarka energią elektryczną i niepewność dostaw, co wymusza konieczność rezerwy mocy w źródłach konwencjonalnych dla źródeł zależnych od warunków klimatycznych.

4. PODSUMOWANIE

Moc i produkcja energii elektrycznej w elektrowniach wiatrowych i słonecznych rośnie systematycznie poprzez kompleksowe modernizacje układów oraz budowę nowych, bardziej zaawansowanych technologicznie jednostek.

Pomimo tego trendu wskaźnik udziału mocy i ilość produkowanej energii niewiele wzrasta, co jest wynikiem bądź osiągnięcia współczynników wykorzystania energii zbliżonych do maksymalnych teoretycznych bądź jest wciąż wynikiem niedoskonałości technologicznych.

Zaprojektowane układy pozyskiwania energii odnawialnej, zbudowane z turbiny wiatrowej, ogniwa PV i konwertera wskazują, że dywersyfikacja pozyskiwania energii z zasobów odnawialnych ma szereg zalet, jednakże, aby w pełni wdrożyć ten sposób pozyskiwania energii, należy dysponować stosunkowo dużym obszarem pod lokalizację kosztownej inwestycji.

Analiza technologii wykorzystania więcej niż jednego zasobu energetycznego jednocześnie wskazuje na korzyści dla środowiska naturalnego płynące ze stosowania OZE.

Dla zapewnienia efektywnego wykorzystania wybranych metod wytwarzania energii elektrycznej, systemy hybrydowe zazwyczaj bardziej skomplikowane technologicznie i droższe, mogą być ekonomicznie opłacalne a wdrażanie światowych standardów w sektorze ochrony środowiska oraz osiągnięcie samowystarczalności zaopatrzenia w energię pierwotną może stanowić jedną z ważniejszych przesłanek wykorzystania tego typu układów energetycznych

LITERATURA

- [1] Biuletyn Urzędu Regulacji Energetyki 02/2011, NR 2 (76) 30 czerwca 2011 ISSN 1506-090X.
- [2] W. Hudy, K. Jaracz, Identification of mathematical model induction motor's parameters with using evolutionary algorithm and multiple criteria of quality, Electrical Review, R. 87 NR 5/2011.

ANALYSIS THE POSSIBILITY OF THE USE OF SELECTED HYBRID RENEWABLE ENERGY SYSTEMS

Effective and ecologically secure system of obtaining energy from moving masses of air and energy collected from solar radiation has a substantial quality. A characteristic feature of functioning energy economy system in this way is an integrated use of several effective and ecologically harmless, mutually interacting energy generation methods. In the analyzed climatic conditions, in terms of quantity of produced energy, solar power produces similar amounts of energy in each of the examined location and electricity generation is characterized by high regularity and predictability. Greater variation occurs in the production of electricity by wind turbines, sensitive to terrain, climatic conditions and level of technological advancement. Six locations were examined; the amount of energy generated and the emission of gaseous pollutants avoided was taken into account.