

**Piotr SZYMCZAK<sup>1</sup>, Paweł PRAJZENDANC<sup>2</sup>**

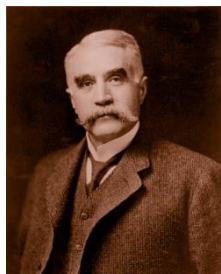
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Elektryczny,  
Katedra Elektroenergetyki i Napędów Elektrycznych (1)  
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Elektryczny,  
Student Branch IEEE, Akademickie Koło SEP (2)

## **Kompleksowa analiza elektrowni wiatrowych**

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono rezultaty badań studialnych elektrowni wiatrowych małej mocy z uwzględnieniem trzech aspektów. W aspekcie technicznym szczegółowo przeanalizowano główne elementy elektrowni wiatrowej. Największą uwagę poświęcono analizie porównawczej turbin wiatrowych o pionowej osi obrotu i innowacyjnym generatorom o wysokiej sprawności. W dalszej części referatu omówiono aspekty ekologiczne i ekonomiczne oraz sposoby oceny kosztów ekologicznych i pokazano m.in. negatywny wpływ dwutlenku węgla i tlenków azotu na środowisko. W końcowej części dokonano oceny techniczno – ekonomicznej elektrowni wiatrowej małej mocy oraz przedstawiono rekomendacje i wnioski.

**Słowa kluczowe:** analiza, ekologia, ekonomia, generator, sprawność, turbina wiatrowa

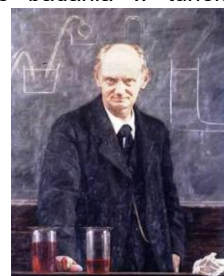
### **Aktualność tematyki**



Rys. 1. Pionier pierwszej elektrowni wiatrowej Charles F. Brush.

Siłownie wiatrowe były wykorzystywane od dawna do różnorodnych celów technicznych. Pierwsze wiatraki powstały ok. 2000 lat p.n.e. w starożytnej Babilonii i służyły do pompowania wody [3, 8]. Pionierem wykorzystania energii wiatru do wytwarzania energii elektrycznej był Amerykanin Charles F. Brush (rys. 1), pionier przemysłu elektrotechnicznego, który na przełomie lat 1887-88 zbudował pierwszą samoczynną elektrownię wiatrową produkującą energię elektryczną. Europejskim prekursorem badań teoretycznych i eksperymentalnych był duński inżynier Paul le Cour (rys. 2), który przeprowadził pierwsze na świecie badania w tunelu aerodynamicznym i zaprojektował dwie elektrownie wiatrowe w 1891 r. i w 1897 r. Dalszy rozwój elektrowni wiatrowych kontynuował z powodzeniem uczeń la

Cour'a – Johannes Juul, który w 1950 r. w elektrowni wiatrowej zastosował generator asynchroniczny prądu przemiennego, a w 1957 r. zbudował współczesną elektrownię wiatrową z wirnikiem trójłopatowym z regulacją kąta natarcia łopatek o mocy 200 kW. Wiodącą pozycję w dziedzinie energetyki wiatrowej zajmuje na naszym kontynencie Dania, która będąc krajem równinnym, pozbawionym surowców energetycznych i zasobów energii wodnej, zmuszona była intensyfikować prace w kierunku alternatywnych źródeł energii. O imponujących rezultatach w rozwoju duńskiej energetyki wiatrowej najlepiej świadczą dane rosnącego trendu mocy zainstalowanej w okresie od ponad 30



Rys. 2. Prekursor eksperymentalnych badań oraz twórca energetyki wiatrowej Danii Paul le Cour.

lat: 1983 - 40 MW i w 2006 – 3136 MW. W 2015 r., po 125 latach, osiągnięto w Danii rekordowy wynik – 42% energii uzyskano z energii wiatru, co jest najlepszym wynikiem na świecie [13]. Dania w 2020 r. planuje osiągnąć wynik na poziomie 50%. W Polsce przeprowadzono interesujące badania socjologiczne [2], nt. stanu wiedzy społeczeństwa o odnawialnych źródłach energii, z których wynika, że za energetyką wiatrową opowiada się aż 53,41% respondentów. Celem referatu jest omówienie wybranych zagadnień związanych z kompleksową oceną systemu elektrowni wiatrowych.

### Ocena turbin wiatrowych

Uwzględniając całkowite straty aerodynamiczne, mechaniczne i elektryczne w układzie generowania i przetwarzania energii, możemy przedstawić wzór na całkowitą moc użyteczną elektrowni wiatrowej [3,8]:

$$P_u^{EW} = C_p \eta_m \eta_e P_w \quad (1)$$

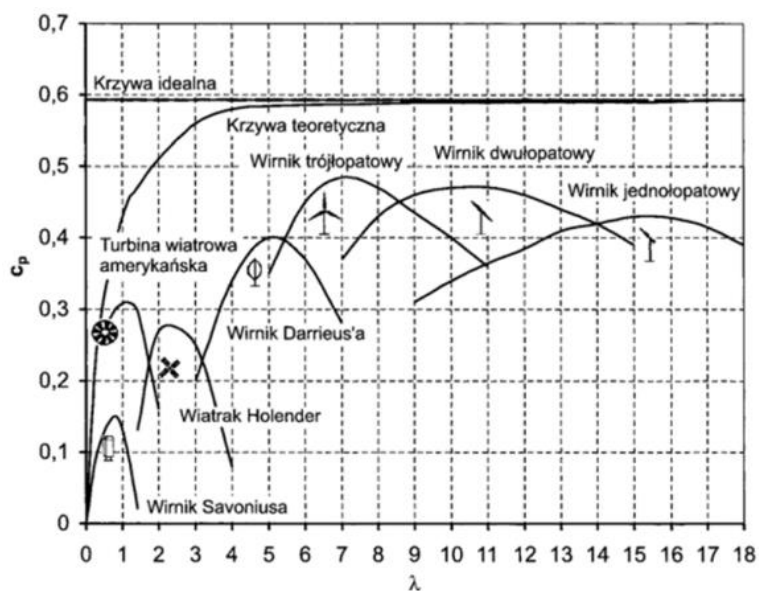
gdzie:

$C_p$  - sprawność aerodynamiczna,

$\eta_m$  - sprawność mechaniczna.

$\eta_e$  - sprawność elektryczna układu generowania i przetwarzania energii,

$P_w$  - moc strumienia wiatru przepływającego przez turbinę.



Rys. 3. Zależność współczynnika mocy  $C_p$  od wyróżnika szybkobieżności dla różnych turbin [8].

## IX Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2016

Współczynnik  $C_p$  (nazywany prawem Alberta Betza) osiąga maksymalną wartość  $C_{p,max} = 0,593$  i jest funkcją kąta nachylenia łopatek turbiny  $\vartheta$  oraz wyróżnika szybkobieżności  $\lambda = u/v_0 = \omega R/v_0$ . Typowe wartości współczynnika mocy  $C_p$  dla różnego typu turbin

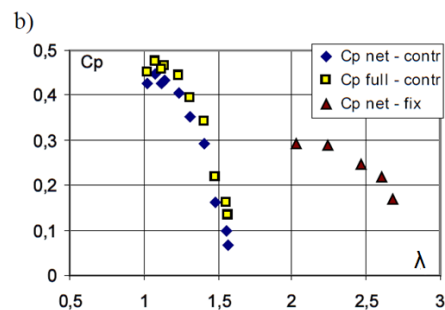
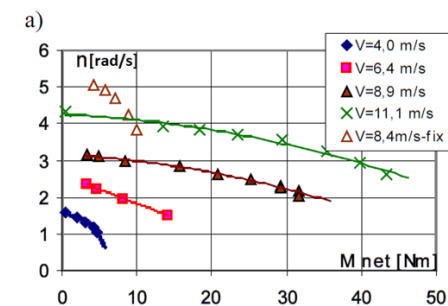


pokazano na rys. 3. Analizując różne rodzaje turbin małej mocy ustalono, że największą sprawność przekształcenia energii wiatru w energię elektryczną można uzyskać z turbiny wiatrowej typu Darrieus'a z regulowanym optymalnie kątem natarcia łopatek (rys. 4). Przeprowadzone badania wirników w wodzie oraz w powietrzu [5] pokazały znaczące zwiększenie współczynnika  $C_p$ , a także istotne

Rys. 4. Model doświadczalny perspektywicznej turbiny wiatrowej Darrieus'a z regulowanym kątem natarcia łopatek.

zmniejszenie średniego obciążenia na wale wirnika i amplitudy ich pulsacji. Badania w tunelu aerodynamicznym pozwoliły uzyskać dla  $\lambda=1,1$  współczynnik  $C_p$  nawet do 0,455. Porównując

charakterystyki przedstawione na rys. 3 i rys. 5 łatwo zauważyć, że proponowane rozwiązanie wydaje się bardzo perspektywiczne i posiada wiele zalet, umożliwia bowiem uzyskanie na wale momentu obrotowego prawie 3-krotnie większego i współczynnika mocy  $C_p$  1,5 - krotnie większego w stosunku do turbiny bez sterowania łopatek [5].



Rys. 5. Charakterystyki badanego prototypu turbiny pionowej: a) prędkość obrotowa "n" w funkcji momentu dla różnych prędkości wiatru V, b) zależności współczynnika wykorzystania mocy turbiny  $C_p$  od parametru współczynnika szybkobieżności  $\lambda$  dla różnych wariantów sterowania.

### **Charakterystyka nowoczesnych generatorów**

W systemie siłowni wiatrowej niezwykle ważnym zagadnieniem jest racjonalny wybór generatora elektrycznego jako źródła energii elektrycznej. Obecnie we współczesnych siłowniach wiatrowych stosuje się głównie generatory asynchroniczne i synchroniczne oraz rzadziej – synchroniczne-asynchronizowane. Z tych względów analizę porównawczą ograniczono do 3 ww. typów generatorów [1, 11].

Najczęściej stosuje się jako generatory wiatrowe maszyny asynchroniczne średniej i dużej mocy. Są one proste w konstrukcji i obsłudze, posiadają dobre wskaźniki masowo-gabarytowe, dużą niezawodność, stosunkowo niską cenę, a także proste włączenie do pracy równoległej z siecią energetyczną. Generatory synchroniczne o różnej konfiguracji (klasycznej, dyskowej i liniowej) z wysokoenergetycznymi magnesami trwałymi pozwalają uzyskiwać wysokie sprawności na poziomie średnim 90-95 %. Perspektywnym typem bezprzekładniowego elektromechanicznego przetwornika energii do siłowni wiatrowej może być wielobiegunowa maszyna synchroniczna ze wzbudzeniem od wysokoenergetycznych magnesów trwałych oraz z półprzewodnikowym przekształtnikiem, zapewniającym wystarczająco dobrą stabilność napięcia i częstotliwości oraz wysoką sprawność. Nie zwracając uwagi na to, że koszt całego systemu może być o 20-30% większy, należy prognozować szerokie stosowanie tego rozwiązania w przyszłości.

Interesująco przedstawiają się opracowania nowych rozwiązań konstrukcyjnych maszyn dyskowych, maszyn o wykonaniu modułowym i maszyn dwustojanowych. Ukierunkowane są one na zwiększenie mocy generatorów i projektowanie rozwiązań bezprzekładniowych. Wśród ww. maszyn szczególne zainteresowanie wzbudzają generatory synchroniczne dyskowe z wysokoenergetycznymi magnesami trwałymi, które posiadają zalety istotne dla siłowni wiatrowych, gdzie wymagany jest generator elektryczny o małej długości i dużej średnicy [11]. Przy wyborze konstrukcji takiego typu generatora w pierwszym etapie projektowania konieczne jest sprawdzenie wyrażenia ( $Dc/l > 5+6$ ). Jeżeli jest to spełnione, należy dać pierwszeństwo właśnie generatorowi typu dyskowego. Natomiast bezprzekładniowy wariant siłowni wiatrowej pozwala uprościć konstrukcję, podwyższyć niezawodność i zmniejszyć znacznie szumy i wibracje, a także obniżyć koszty eksploatacyjne.

Ciekawym rozwiązaniem jest propozycja zastosowania w siłowniach wiatrowych generatora synchronicznego-asynchronizowanego. W tym przypadku wykorzystano dwuosiową regulację wzbudzenia na wirniku, która pozwala wykorzystać cenne zalety maszyn synchronicznych i asynchronicznych. W ten sposób możemy uzyskać pracę synchroniczną nawet przy małych poślizgach i zapewnić znaczącą eliminację wpływu porywów energii wiatru. Kłopoty techniczne z konstrukcją i wyprowadzeniem zacisków magneśnicy działających w dwóch osiach elektrycznie prostopadłych do pierścieni ślizgowych uzwojeń spowodowały ich małe zastosowanie praktyczne. Koszty wykonania oraz pracochłonność przy ich obsłudze spowodowały, że mimo niewątpliwie cennych zalet nie znalazły one dziś szerokiego zastosowania [11].

### **Szacunkowa ocena aspektów ekologicznych**

Ocena ekonomicznej efektywności inwestycji w energetykę wiatrową wymaga wykorzystania nowej procedury, pozwalającej uwzględnić zarówno efekt produkcyjny samej inwestycji, zgodnie z rachunkiem korzyści i kosztów inwestora, jak i efektu ekologicznego, który powinien ujmować rachunek zewnętrznych korzyści i kosztów środowiskowych inwestycji. Korzyści środowiskowe produkcji energii z wiatru mogą zostać obliczone w oparciu o szacunek unikniętych kosztów środowiskowych produkcji „czarnej” energii produkowanej przez energetykę konwencjonalną [7].

## **IX Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2016**

Przypomnijmy, że przy spalaniu paliw kopalnych powstają ogromne ilości zanieczyszczeń w postaci emitowanych do atmosfery produktów spalania (1 kWh = 5,5 g SO<sub>2</sub>, 4,2 g NO<sub>x</sub>, 700 g CO<sub>2</sub>, 49 g pyłów i żużlu): pyłów, tlenków siarki, azotu i węgla. Tlenki siarki wywołują kwaśne deszcze, które niszczą florę i faunę oraz obiekty budowlane. Jedną z przyczyn globalnego ocieplenia jest emisja dwutlenku węgla. Najwięcej emitują go na świecie następujące kraje: Chiny, USA, Indie, Rosja, Japonia, i Niemcy. Polska jest pod tym względem na 22 miejscu [14]. Tlenki azotu działają drażniąco na organy układu oddechowego, niszczą również urządzenia i materiały oraz są przyczyną powstawania smogów. NO<sub>x</sub> są najgroźniejszym gazowym zanieczyszczeniem po SO<sub>2</sub>. Zanieczyszczenia te wpływają również na efekt cieplarniany. Niektórzy sądzą, że rozwój gospodarczy świata znacznie wcześniej napotka barierę tolerancji środowiska na zanieczyszczenia niż barierę braku surowców. W literaturze [7] podane są procedury oceny ekonomicznej efektywności wybranych inwestycji z sektora energetyki odnawialnej, m.in. wg metodyki „ExternE” i CVM. Największy udział w całkowitym koszcie zewnętrznym mają koszty zdrowotne, a zwłaszcza wzrost umieralności wskutek narażenia chronicznego. Koszty efektu cieplarnianego, choć znaczne, są najmniej rozpoznane i dlatego budzą czasami kontrowersje. Koszty zdrowotne oraz efektu cieplarnianego stanowią ok. 98 % kosztów środowiskowych. M. Ligus podaje, że całkowity koszt zewnętrzny dla Polski, wg metody ExternE, wynosi 184 zł/MWh przy uwzględnieniu kwoty 20 euro za tonę emisji CO<sub>2</sub>.

Ma rację autor pracy M. Głowicki [4], kiedy formułuje pogląd, iż z uwagi na łatwość manipulowania wynikami obliczenia dotyczące opłacalności produkcji jednostkowej energii elektrycznej dla różnych sposobów jej wytwarzania mogą okazać się mało wiarygodne i trudne do dalszych analiz porównawczych. Aby w sposób obiektywny dokonywać kompleksowej analizy elektrowni wiatrowych i określić ich jednostkowy koszt produkcji energii elektrycznej celowe jest również ujednoczenie metodyki oceny efektywności. Należy zatem uwzględniać nie tylko aspekty techniczno-ekonomiczne, ale i ekologiczne, których ranga będzie systematycznie wzrastać od roku 2020 ze względu na wzrost cen emisji CO<sub>2</sub> w Europie.

### **Wybrane rezultaty kompleksowej analizy**

Przeprowadzając kompleksową analizę elektrowni wiatrowej należy dokonać oceny [10] w trzech aspektach: technicznym, ekologicznym i ekonomicznym – przy uwzględnieniu w każdym z tych obszarów wybranych kryteriów szczegółowych (rys 6).

W pierwszym aspekcie dokonujemy oceny innowacyjnych rozwiązań, które pozwalają uzyskać możliwie maksymalną sprawność przetwarzania energii, w drugim i trzecim aspekcie dążymy do wyboru rozwiązań gwarantujących odpowiednio wysokie efekty ekonomiczne i ekologiczne. Syntetycznym wskaźnikiem może być cena energii wiatrowej, która w ostatnim okresie stale maleje. Już dzisiaj energia wiatrowa według średniej ceny zaczyna być konkurencyjna względem innych rodzajów energii (ciepłej i atomowej) i można oczekiwać jej dalszej obniżki.

Analizując różne podsystemy elektrowni wiatrowej z punktu widzenia uzyskania możliwie największej sprawności, przeprowadzono ocenę poszczególnych jej podstawowych elementów: turbiny, przekładni i łożysk, generatora oraz wszystkich urządzeń sprzęgających z siecią (m.in. falowników, filtrów, transformatorów).



Rys. 6. Kryteria szczegółowe w trzech aspektach kompleksowej oceny elektrowni wiatrowych.

Szacując sprawność turbiny należy wziąć pod uwagę przede wszystkim wartość współczynnika  $C_p$  oraz uwzględnić uproszczenia przyjęte w modelach obliczeniowych i straty aerodynamiczne. Na podstawie badań eksperymentalnych modelu przedstawionego na rys. 4 uzyskano dla  $\lambda = 1,1$   $C_{pnet-contr} = 0,452$  i  $C_{pfull-contr} = 0,478$  (rys. 5). Uzyskany rezultat jest imponujący – nastąpił wzrost sprawności o ok. 60÷65% w stosunku do tej samej turbiny bez regulacji kąta natarcia łopatek ( $C_{pnet-fix} = 0,29$ ). Natomiast porównując ten rezultat (rys. 5b) z wynikami na rys. 3. dla turbiny Darieussa o wartości  $C_p = 0,4$  przy  $\lambda = 5$  otrzymujemy wzrost sprawności rzędu 16÷20%.

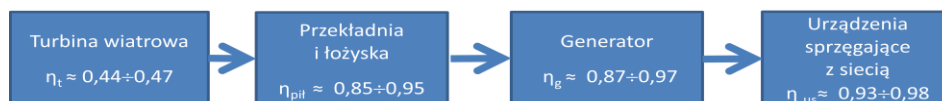
Najbardziej korzystne rozwiązania elektrowni wiatrowej zapewniają systemy bezprzekładniowe i wolnoobrotowe, co pokazano w tab. 1.

Tab. 1. Porównanie elektrowni z przekładnią i bez niej.

Kryterium	Elektrownia z przekładnią	Elektrownia bez przekładni
1. Niezawodność	A	3·A
2. Trwałość maszyny	B	(3÷5)·B
3. Koszty eksploatacyjne	C	0,6·C
4. Szum i wibracja	D	0,1·D
5. Sprawność	E	(1,3÷1,5)·E

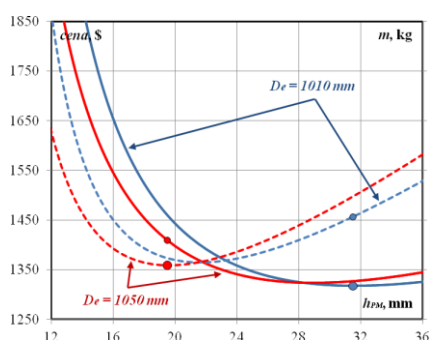
Jeśli wystąpi w elektrowni przekładnia, przyjmujemy jej średnią sprawność na poziomie  $\eta_p = 0,85\div 0,95$  i łożysk  $\eta_l = 0,98\div 0,99$ . Możemy zatem oszacować łączną sprawność tego bloku w granicach  $\eta_{pil} = 0,94 \div 0,98$  ( $\eta_{pil\acute{s}r} = 0,96$ ). Szacując sprawność generatorów synchronicznych z magnesami trwałymi uzyskujemy wartości  $\eta_g = 0,85\div 0,97$  ( $\eta_{g\acute{s}r} = 0,92$ ). Dokonując oceny sprawności urządzeń sprzęgających z siecią przyjmujemy  $\eta_{us} = 0,92\div 0,96$  ( $\eta_{us\acute{s}r} = 0,94$ ). Rezultaty analizy porównawczej wszystkich podsystemów zamieszczono na rys. 7. Widać wyraźnie, iż należy dołożyć starań, aby w trakcie eksploatacji uzyskać możliwie maksymalną sprawność turbiny wiatrowej.

## IX Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2016

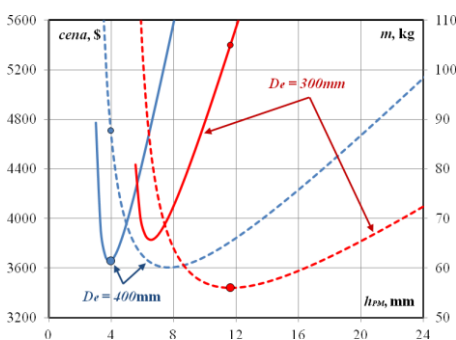


Rys. 7. Maksymalne szacunkowe sprawności elementów składowych elektrowni wiatrowej.

W publikacji przedstawiono koszty rozwiązań generatorów przy wykorzystaniu magnesów trwałych ferrytowych i neodymowych [6, 12]. Określono m.in. gabaryty, które odpowiadają minimalnemu kosztowi systemu magnetycznego generatora dyskowego z ferrytowym wzbudzeniem (rys. 8) dla  $K_{\Sigma 1} = 1317,46$  \$ przy wysokości magnesów  $h_{PM} = 31,5$  mm. Inne zależności otrzymano dla dyskowego generatora ze wzbudzeniem neodymowym (rys. 9), gdzie koszty wyniosły -  $K_{\Sigma 1min} = 3658,50$  \$ dla  $h_{PM} = 4$  mm.



Rys. 8. Zależności masy (linia przerywana) oraz kosztów (linia ciągła) od wysokości  $h_{PM}$  magnesów ferrytowych.



Rys. 9. Zależności masy (linia przerywana) oraz kosztów (linia ciągła) od wysokości  $h_{PM}$  magnesów neodymowych.

W literaturze brak dostatecznie wiarygodnych danych dotyczących pełnej informacji nt. kosztów elektrowni wiatrowych małej mocy. Stąd warto zapoznać się z wynikami analizy dużych elektrowni wiatrowych zawartych w pracy [9], gdzie autor analizując kilka elektrowni wiatrowych (Słupia, Szydłowo, Radziejów i Orla), przyjął, że pracują one z maksymalną mocą ok. 30% czasu i zwrócić się w okresie 15 lat – oszacował cenę energii elektrycznej na poziomie ok. 35 gr/kWh. Po pełnej amortyzacji i spłacie kredytu, koszt wyprodukowania energii obniżył się do kosztów serwisu i rzadkiej obsługi. Po 25 latach należy dokonać wymiany turbiny (wieża, fundamenty, przyłącza, infrastruktura pozostają do dalszej eksploatacji), uwzględniając 30 % spadek cen turbin wiatrowych, prognozowany jednostkowy koszt produkcji energii wiatrowej wynosi ok. 8 gr/kWh. Istotny wpływ na jednostkową cenę energii mają również koszty przesyłu i dystrybucji. By je zmniejszyć, należy rozwijać lokalne źródła energii, a w tym energetykę wiatrową.

### Podsumowanie i wnioski

1. Biorąc przykład z Danii powinniśmy rzetelnie ocenić zasoby naturalne kraju oraz opracować program rozwoju polskiej energetyki, w którym powinno się uwzględnić wszystkie rodzaje energii opłacalne ekonomicznie - uzyskując tzw. „Energy mix”.

2. Na podstawie przeglądu generatorów wykorzystywanych w energetyce wiatrowej małej mocy można prognozować, że stosowany będzie głównie generator synchroniczny z wysokoenergetycznymi magnesami trwałymi.
3. Analiza porównawcza elektrowni wiatrowych pozwoliła oszacować zakres maksymalnych sprawności poszczególnych elementów składowych systemu, co przedstawiono na rys. 7.
4. Turbina wiatrowa typu Darrieus'a z optymalnie regulowanym kątem natarcia łopatek pozwala uzyskać bardzo korzystne parametry dla małej energetyki wiatrowej. Przy wyróżniku prędkości  $\lambda = 1,1$  uzyskujemy 1,5 - krotnie większy współczynnik  $C_p$  i prawie 3-krotnie większy moment.
5. Aby w sposób obiektywny dokonywać kompleksowej analizy elektrowni wiatrowych małej mocy i określić ich jednostkowy koszt produkcji energii elektrycznej celowe jest ujednolicić metodykę oceny efektywności. Należy uwzględnić nie tylko aspekty techniczno-ekonomiczne, ale i ekologiczne, których ranga będzie systematycznie wzrastać od roku 2020.

#### Literatura

1. Boldea I., The Electric Generators Handbook. Variable speed generators. t.1, Synchronous generators. t.2, CRC Press, 2006
2. Drosińska-Momor M. i inni, *Odnawialne źródła energii a opinia społeczna*, „Energetyka” nr 12/2015, s. 798-801
3. Falga A., Siłownie wiatrowe., Wyd. PK, Kraków 2012.
4. Głowicki M. *Morski wiatr kontra atom*, w: Energetyka jądrowa w Polsce, pod red. nauk. Jeleń K., Rau Z., s. 99-125, Wyd. Wolters Kluwer Polska, Warszawa 2012,
5. Grebenikov V., Kayan V., Szymczak P., Pryjmak M., *A wind turbine of a New type*, Maszyny Elektryczne, Zeszyty problemowe, Nr 2/2015 (106), p. 269-274
6. Grebenikov V., Szymczak P., Gamaleja R., Pryjmak M., *Dyskowe generatory elektryczne z magnesami trwałymi ferrytowymi i neodymowymi dla małej energetyki.*, „Wiadomości Elektrotechniczne”, 2014, Nr 2, s. 35-40.
7. Ligus M., *Efektywność inwestycji w odnawialne źródła energii. Analiza kosztów i korzyści.*, Wyd. 1 CEDEWU.PL, Warszawa 2012
8. Lubośny Z., *Elektrownie wiatrowe w systemie energetycznym*, WNT, Wa-wa 2006
9. Popkiewicz M., *Rewolucja energetyczna?*, Wyd. Sonia Draga, Katowice 2015
10. Prajzencanc P., *Analiza porównawcza elektrowni wiatrowych*, Mat. I Ogól. Sesji Studenckich Kół Naukowych, ZUT, Szczecin, 20-21.11.2015, s. 72
11. Sidelnikow B. Szymczak P., *Characteristic properties of present-day wind-driven generators – a comparative analysis*. mat. VIII Międzynarodowego Sympozjum pt. Wymiana ciepła i odnawialne źródła energii, Szczecin – Łeba 18-20.09.2000, s. 343-350
12. Szymczak P., Grebenikov V., *Generator z magnesami trwałymi do małych elektrowni wiatrowych i wodnych.*, „Wiadomości Elektrotechniczne”, 2012, Nr 11, s. 36-39.
13. *Wiatrowy record*, „Przegląd Techniczny”, nr 2-3/2016, s. 5, inf. opr. przez jaz.
14. <http://www.polskieradio.pl/42/273/Artykul/977453,Kto-truje-swiat-Te-kraje-emituja-najwiecej-CO2-do-atmosfery>

**Autorzy:** dr inż. Piotr Szymczak; Wydział Elektryczny, ZUT w Szczecinie, ul. Sikorskiego 37, 70-313 Szczecin, e-mail: [piotr.szczak@zut.edu.pl](mailto:piotr.szczak@zut.edu.pl), inż. Paweł Prajzencanc Wydział Elektryczny, ZUT w Szczecinie [pawel.prajzencanc@gmail.com](mailto:pawel.prajzencanc@gmail.com)