

Edyta REITER, Krzysztof KUKIELKA

WYKORZYSTANIE ENERGII TURBINY WIATROWEJ Z DYFUZOREM DO ŁADOWANIA AKUMULATORÓW W POJAZDACH Z NAPĘDEM ELEKTRYCZNYM

Streszczenie

Praca zawiera omówienie oddziaływania motoryzacji na środowisko naturalne oraz skutki jakie niesie ze sobą wykorzystanie samochodów z napędem spalinowym. Zanalizowano silniki z napędem elektrycznym i omówiono ich zalety. Ze względu na ciągle rosnące ceny paliw i energii zaproponowano jako jedną z alternatyw wykorzystania turbin wiatrowych o poziomej osi obrotu wyposażonych w dyfuzor dostosowanych do systemów zasilania samochodów z napędem elektrycznym. Przeprowadzono badania symulacyjne w module CFX programu Ansys na różnego rodzaju dyfuzorach turbin wiatrowych. Badano efektywność wykorzystania przepływających mas powietrza, mającymi bezpośredni wpływ na ilość wyprodukowanej energii elektrycznej w zależności od typu dyfuzora. Prace zakończono podsumowaniem dotyczącym perspektyw samochodów proekologicznych.

Słowa kluczowe: napęd elektryczny, samochód ekologiczny, ANSYS CFX, turbiny z dyfuzorem, energia wiatru.

1. POJAZDY PROEKOLOGICZNE I ODDZIAŁYWANIE MOTORYZACJI NA ŚRODOWISKO NATURALNE

Zróznicowany wpływ podmiotów związanych z motoryzacją tworzy pewnego rodzaju system. Elementy tego systemu są odpowiedzialne za negatywne oddziaływanie na środowisko naturalne. Do najważniejszych należą:

- pojazdy, będące podstawowymi podmiotami degradującymi środowisko. Utożsamia się je głównie z użytkowaniem transportu drogowego,
- wytwórnictwo materiałów eksploatacyjnych, prawie wyłącznie zalicza się tu przemysł rafinacyjny i wydobywczy, zarówno na skalę produkcji jak i stosowane technologie,
- materiały eksploatacyjne, a przede wszystkim paliwa. Produkty spalania przez silniki spalinowe oraz same paliwa zawierają składniki szkodliwe dla środowiska, zdrowia ludzkiego, organizmów żywych a także sprzyjają ocieplaniu się klimatu [2].

Obecnie motoryzacja jest uzależniona głównie od ropy naftowej. Przewiduje się, że transport drogowy wzrośnie w okresie od 1990 do 2020 roku o 85%, natomiast do 2050 roku o 181%. Taka tendencja niesie za sobą znaczne zwiększenie zużycia energii potrzebnej do zasilania silników [4].

Zastosowanie napędu elektrycznego jako alternatywne źródło energii dla samochodów osiąga lepsze rezultaty niż zastosowanie innych źródeł. Dając w ten sposób możliwość rozwoju przy kończących się zasobach paliw, przy jednoczesnym ograniczeniu emisji szkodliwych substancji do środowiska [5]. Głównym zadaniem silnika elektrycznego (prądu stałego i przemiennego) jest wytwarzanie momentu napędowego, umożliwiając jazdę do przodu i do tyłu. W roku 2010, w skali światowej, udział takich samochodów łącznie z samochodami wyposażonymi w ogniwa paliwowe (hybrydowe) wyniósł zaledwie 7% [4].

2. MOŻLIWOŚCI PROEKOLOGICZNYCH SAMOCHODÓW ELEKTRYCZNYCH

O wyborze silnika napędowego w pojazdach o napędzie elektrycznym decydują w głównej mierze dogodność jego charakterystyk mechanicznych, możliwość sterowania, moc i sprawność, a także koszty i niezawodność w stosunku do samochodów zasilanych w tradycyjny sposób. Przy obecnym stanie techniki preferowane są silniki indukcyjne klatkowe o zwiększonym momencie rozruchowym (tab. 1).

Tab. 1. Porównanie różnych rodzajów silników o mocy 15 kW [5]

Parametry	Silnik prądu stałego		Silnik prądu zmiennego	
	obcowzbudny	szeregowy	indukcyjny	synchroniczny o magnesach trwałych
Masa [kg]	100	115	45	39
Wymiary [cm]	43×30	53×36	30×30	18×46
Maksymalna prędkość obrotowa [obr/min]	5000	5000	15000	15000
Maksymalna sprawność [-]	0,90	0,82	0,92	0,95
Koszt porównawczy [-]	1	0,9	0,5	0,5
Moc jednostkowa [W/kg]	150	130	333	385

Właściwości trakcyjne samochodu elektrycznego w mieście dają mu przewagę nad samochodem z napędem spalinowym. Dzieje się tak ze względu na moment obrotowy, który osiąga swoją maksymalną wartość już przy rozruchu. Ponadto nie wymaga użycia sprzęgła i wykazuje większą dynamiczność zależną od momentu obrotowego a nie od jego mocy [5]. Dodatkowe efekty uzyskuje się w czasie postoju lub hamowania, gdy energia jest odzyskiwana i magazynowana w akumulatorze. Oznacza to znaczne obniżenie kosztów eksploatacji [7].

Jednym z głównych walorów samochodu elektrycznego (rys. 1) jest produkowanie dla niego energii z odnawialnych źródeł energii. Wymaga ona jednak magazynowania. Obecnie, najczęściej wykorzystuje się akumulatory.



Rys. 1. Samochód wyposażony w silnik elektryczny [7]

Ładowanie akumulatorów można wykonywać na dwa sposoby [6]:

- zwykle, przez gniazdo domowe prądu jednofazowego 220 V (10/16 A). Czas ładowania wynosi 6-8 godzin,
- szybkie, przez specjalne gniazdko prądu trójfazowego 400 V (32 A), co umożliwia naładowanie akumulatorów do 80% pojemności w ciągu 30 minut.

Z punktu widzenia użytkowników i producentów samochodów z napędem elektrycznym najważniejszym jest rozwój i ulepszanie metod i konstrukcji wytwarzających energii elektryczną na ich potrzeby oraz ich magazynowania. Jest to jeden z czynników decydujących bezpośrednio o kosztach związanych z eksploatacją. Dlatego w pracy zaproponowano wykorzystanie elektrowni wiatrowej jako źródła energii elektrycznej dla pojazdów z napędem elektrycznym.

Elektrownie wiatrowe mogłyby stać się producentem energii elektrycznej dla lokalnych zasobników energii takich jak akumulatory. Dostępne są rozwiązania polegające na zasilaniu baterii samochodowej poprzez produkcję energii za pomocą turbiny o poziomej osi obrotu wyposażonej w dyfuzor [7]. Doskonalenie tego typu konstrukcji a zwłaszcza efektywności dyfuzora, pod względem zwiększania prędkości przepływających mas powietrza pozwoliłoby na wyprodukowanie wymaganej ilości energii w celu zaspokojenia potrzeb dynamicznie rosnącej liczby użytkowników samochodów elektrycznych. Umożliwiając ładowanie samochodów w domu metodą zwykłą oraz szybką w stacjach ładowania. Dlatego konieczne jest wybudowanie lokalnych, inteligentnych sieci energetycznych, zasilających te zasobniki bez użycia centralnych sieci energetycznych i sprzedające energię, gdy jest jej nadmiar.

W Katedrze Mechaniki Technicznej i Wytrzymałości Materiałów na Politechnice Koszalińskiej prowadzone są badania nad nowymi typami geometrii dyfuzorów i ich efektywnością.

3. TURBINY WIATROWE WYPOSAŻONE W DYFUZOR JAKO URZĄDZENIE PRODUKUJĄCE ENERGIE

Rozwiązanie turbin wiatrowych o poziomej osi obrotu wyposażonych w dyfuzor polega na wykorzystaniu prawa Bernoulliego polegające na zwiększeniu mocy przepływających mas powietrza poprzez zabudowanie turbiny w przewężający się tunel (rys. 2).



Rys. 2. Turbiny wyposażone w dyfuzor [3]

Przykładowa turbina o średnicy 54 m w przeliczeniu na powierzchnię wirnika daje około $1,5 \text{ kW/m}^2$ mocy, co jest bardzo wysokim współczynnikiem w stosunku do tradycyjnego typu turbiny, które dla tej samej wielkości średnicy wirnika mogłyby produkować maksymalnie $1-1,5 \text{ kW/m}^2$. Taki argument przemawia za ich wykorzystaniem jako alternatywnego źródła zasilania energią [3]. Tego typu turbiny można instalować na dachach domów mieszkalnych, budynków przemysłowych oraz na ścianach [1]. Dlatego też sprawdzają się doskonale w miejskiej i wiejskiej infrastrukturze wykorzystując miejsca z pozoru niemające żadnego przeznaczenia gospodarczego. Mogą także współpracować z miejskimi i lokalnymi sieciami zasilającymi m. in. domowe baterie do samochodów elektrycznych lub stacje ładowania samochodów.

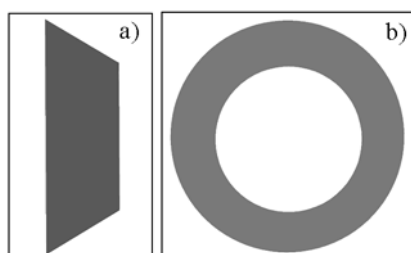
Przyszłościowym rozwiązaniem okazuje się projektowanie i doskonalenie tego typu turbin wykorzystując nowoczesne metody obliczeń np. metodą elementów skończonych przy użyciu m.in. komercyjnego oprogramowania jakim jest np. Ansys. Zapewnia to możliwość stworzenia bardzo efektywnej turbiny wiatrowej wyposażonej w dyfuzor, która jest w stanie zapewnić wystarczającą ilość energii elektrycznej dla zróżnicowanych odbiorców i posiadaczy samochodów zasilanych elektrycznie.

4. ZASTOSOWANIE MODUŁU CFX PROGRAMU ANSYS DO BADAŃ EFEKTYWNOŚCI DYFUZORÓW

Alternatywą wobec badań z wykorzystaniem tunelu aerodynamicznego są metody numeryczne wykorzystujące zagadnienie początkowo-brzegowe Naviera-Stokesa w module CFX programu Ansys. Badania w tunelach aerodynamicznych wymagają dużych nakładów pracy i czasu, co w efekcie końcowym przyczynia się do zwiększenia kosztów produktu finalnego. Symulacja komputerowa, jest doskonałym narzędziem pozwalającym na zdefiniowanie dowolnej geometrii na każdym etapie projektowania dyfuzora pod względem efektywności w wykorzystaniu przepływających mas powietrza.

Badaniami objęto dwa warianty geometryczne dyfuzorów, które zaprojektowano w programie Solid Works (rys 3, rys 6). Każdą z geometrii podzielono na ponad 220000 elementów skończonych. Dyfuzory poddano działaniu przepływu turbulentnego ($Re > 2300$) o prędkości 15 m/s odwzorowującego działanie wiatru. Badania symulacyjne przeprowadzono w temperaturze 25°C i ciśnieniu 100 kPa, dla których powietrze ma gęstość $\rho = 1,168 \text{ kg/m}^3$. Celem analizy numerycznej było określenie i porównanie efektywności wykorzystania mocy przepływającego strumienia powietrza dla różnych wariantów geometrycznych dyfuzora.

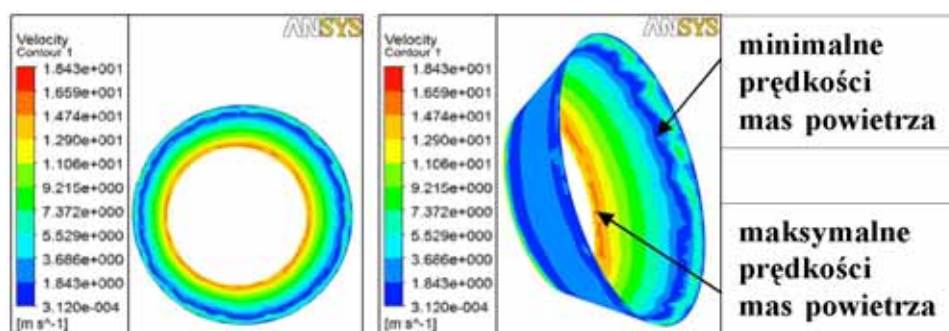
W pierwszym etapie badaniom poddano dyfuzor o prostych ściankach – rys. 3.



Rys. 3. Analizowany dyfuzor: a) widok z boku, b) widok z tyłu

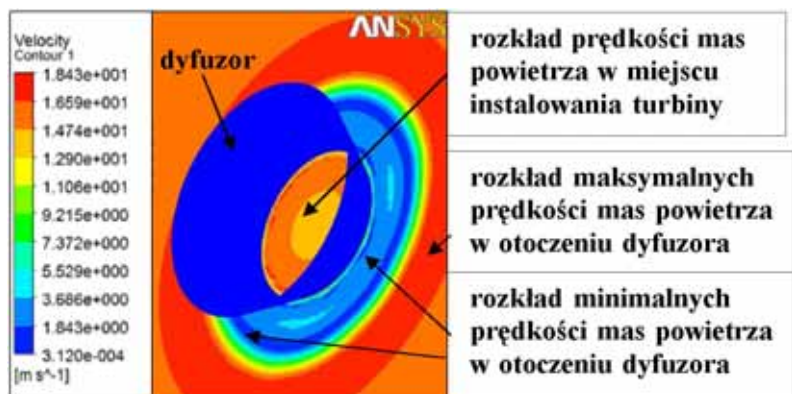
Źródło: Opracowanie własne.

Wykonana analiza umożliwiła wizualizację prędkości mas powietrza na powierzchni dyfuzora (rys. 4). Największe wartości występują w miejscu, gdzie w dyfuzorze zlokalizowana jest turbina. Prędkość przepływającego powietrza wynosi tam ponad 18 m/s. Zatem wzrosła o ponad 20% w stosunku do wartości zadanej (15 m/s).



Rys. 4. Rozkład prędkości mas powietrza na powierzchni dyfuzora

Źródło: Opracowanie własne.

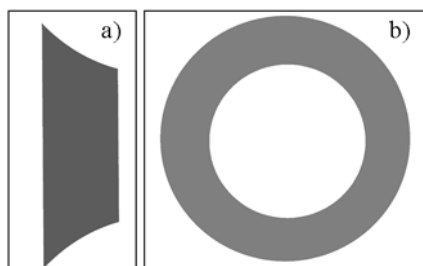


Rys. 5. Rozkład prędkości mas powietrza w otoczeniu dyfuzora i w miejscu instalowania turbiny wiatrowej

Źródło: Opracowanie własne.

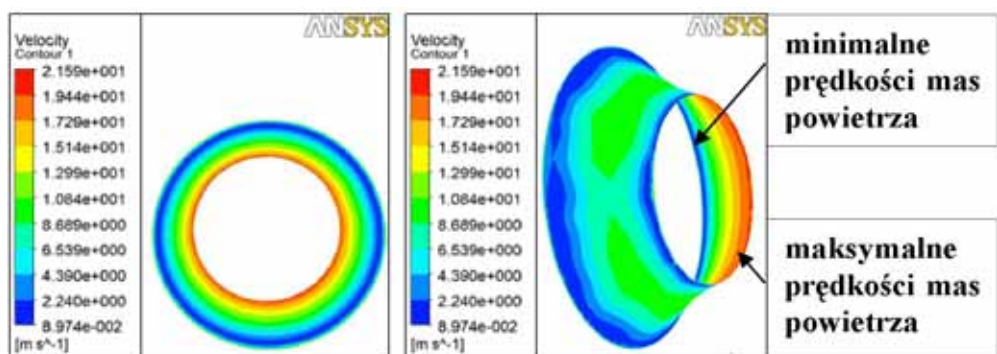
W otoczeniu dyfuzora widoczne są miejsca, gdzie nastąpiło nakładanie się mas powietrza opływających oraz napływających na dyfuzor. Maksymalna wartość prędkości wyniosła tam ponad 18 m/s. Najmniejsze wartości zlokalizowane zostały za dyfuzorem, w miejscach osłoniętych od wpływu napływających mas powietrza (rys. 5).

W kolejnym etapie badaniom symulacyjnym poddano dyfuzor o eliptycznym zarysie ścianek – rys. 6.



Rys. 6. Analizowany dyfuzor: a) widok z boku, b) widok z tyłu

Źródło: Opracowanie własne.

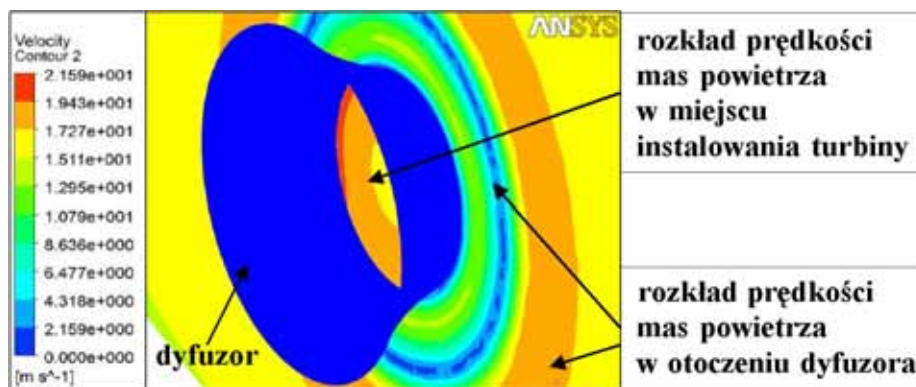


Rys. 7. Rozkład prędkości mas powietrza na powierzchni dyfuzora

Źródło: Opracowanie własne.

Analiza dyfuzora o ściankach eliptycznych wykazała znaczne zwiększenie prędkości mas przepływającego powietrza o ponad 40%. Maksymalna prędkość wynosząca prawie 22 m/s, występuje na ściance dyfuzora przed wylotem (rys. 7).

W otoczeniu badanego dyfuzora (na zewnątrz) maksymalne prędkości przepływającego powietrza wyniosły niespełna 20 m/s (rys. 8). Rozkład prędkości w miejscu instalowania turbiny wiatrowej wykazuje się korzystnym wzrostem prędkości napływających mas powietrza, w porównaniu do dyfuzora z prostymi ściankami (rys. 5).



Rys. 8. Rozkład prędkości mas powietrza w otoczeniu dyfuzora i w miejscu instalowania turbiny wiatrowej

Źródło: Opracowanie własne.

PODSUMOWANIE

Rynek samochodów elektrycznych na świecie dynamicznie rośnie. Przewiduje się, że w najbliższych latach na świecie będzie się poruszało niemal 6,5 mln pojazdów o napędzie hybrydowym i elektrycznym.

Wyzwaniem dla producentów samochodów elektrycznych jest wyprodukowanie samochodu zapewniającego komfort i nie gorsze warunki użytkowania niż w tradycyjnym samochodzie rodzinnym, wyposażonym w systemy wspomagające jazdę. W chwili obecnej przejechanie 100 km samochodem elektrycznym to koszt 1 euro. Co daje bardzo konkurencyjną cenę w porównaniu do samochodów z zapłonem spalinowym. A cena ta może jeszcze się obniżyć ze względu na możliwość ładowania akumulatorów w czasie, gdy energia jest tańsza np. nocą lub z wykorzystaniem turbin wiatrowych wyposażonych w dyfuzor. Dlatego też odnotowuje się znaczny wzrost zainteresowania samochodami elektrycznymi właśnie ze względu na wykorzystanie odnawialnych źródeł energii. Samochód z napędem elektrycznym sprawdza się wszędzie tam, gdzie dba się o ekologię i istnieje zakaz poruszania się samochodami z napędem spalinowym jak np. parki krajobrazowe, gospodarstwa ekologiczne. W przypadku nadmiaru energii można wykorzystać ją w innych środkach transportu z napędem elektrycznym tj.: wózki widłowe do transportu wewnątrzzakładowego i w magazynach; w użytkowych pojazdach elektrycznych podczas przemieszczania się na duże odległości w miejscach, gdzie zabroniony jest transport przy pomocy silników spalinowych np. pola golfowe lub tam gdzie wymagana jest cisza np. parki narodowe, zoo; w wózkach bagażowych np. na lotnisku.

Nowym trendem w motoryzacji jest wprowadzenie systemów nadzorowania ładowania samochodów. Między innymi wprowadza na rynek komunikację mobilną z samochodem za pomocą smartfonu lub tabletu. Dzięki temu urządzeniu kierowca może kontrolować doładowanie swojego samochodu podłączonego do zwykłego gniazdka elektrycznego. Użytkownik może zaplanować doładowanie z uwzględnieniem cen i czasu ładowania w taki sposób, aby obniżyć maksymalnie koszty ładowania samochodu.

W polskim prawie wprowadza już zmiany dotyczące m.in. ewidencji przebiegu samochodów firmowych zasilanych elektrycznie lub łączące napęd elektryczny ze spalinowym. Ze względu na wysokie ceny baterii rozpatruje się, tak jak to się dzieje w niektórych państwach UE, system dofinansowania zakupu lub dzierżawy. Wiele państw europejskich wprowadza system zachęt oraz ulg dla posiadaczy samochodów elektrycznych, gdzie powstaje coraz więcej punktów doładowania samochodów sposobem tradycyjnym i bezprzewodowym [7].

Przeprowadzone badania potwierdziły celowość zastosowania symulacji komputerowej do badań wykorzystania mocy mas powietrza napływających na turbinę wiatrową z dyfuzorem. Unika się w ten sposób konieczności budowy stanowisk modelowych i prototypów. Symulacja komputerowa umożliwia analizowanie konstrukcji dyfuzorów na każdym etapie, a co za

tym idzie pozwala zwiększyć efektywność elektrowni wiatrowych. Przeprowadzone badania jednoznacznie wskazują na korzystne efekty konstruowania dyfuzorów o nieregularnych i aerodynamicznych kształtach.

BIBLIOGRAFIA

1. Boczar T., *Energetyka wiatrowa. Aktualne możliwości wykorzystania*. Wydawnictwo Pomiarzy Automatyka, Kontrola, Warszawa 2007.
2. Chłopek Z., *Pojazdy samochodowe. Ochrona środowiska naturalnego*. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2002.
3. Flaga A., *Inżynieria wiatrowa. Podstawy i zastosowania*. Wyd. Arkady, Warszawa 2008.
4. Jastrzębska G., *Odnawialne źródła energii i pojazdy proekologiczne*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2007.
5. Merkisz J., Pielecha I., *Alternatywne napędy samochodów*. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2006.
6. Czasopismo: Autospec 2009, nr 3(34).
7. <http://www.gramwzielone.pl/>.

USING ENERGY FROM THE WIND TURBINE WITH DIFFUSER FOR CHARGING ACCUMULATOR IN ELECTRICAL CARS

Abstract

This work contain an overview of the motorization impact on the natural environment and the effects affords by internal combustion powered cars. The electric motors and a discussion of their advantages were shown. The possibility of using wind turbines equipped with a diffuser with horizontal rotation axis adapted to the power systems of this type of car was described. For the computational simulation the ANSYS CFX module for wind turbines with various diffusers were used. Efficiency flowing air masses depending on the type of diffuser have a direct impact on the amount of produced electricity was tested. The work was completed by a summary of the properties for green cars.

Key words: electric drive, ecological car, ANSYS CFX, turbines with diffuser, wind energy.

Autorzy:

mgr inż. **Edyta Reiter** – Politechnika Koszalińska

dr inż. **Krzysztof Kukielka** – Politechnika Koszalińska