

Generator do elektrowni wiatrowej małej mocy

Zbigniew Goryca, Mariusz Malinowski

Stały wzrost cen energii elektrycznej powoduje wzrost zainteresowania wykorzystaniem siły wiatru do produkcji tej energii. Istnieje duża grupa odbiorców indywidualnych zainteresowanych małymi konstrukcjami przeznaczonymi do zasilania domów jednorodzinnych lub przeznaczonymi do wspomagania systemów grzewczych w takich domach. W celu obniżenia kosztów i podwyższenia sprawności przetwarzania energii wiatru w energię elektryczną buduje się bezprzekładniowe konstrukcje [1, 3, 7, 8, 9], w których turbina wiatrowa mocowana jest bezpośrednio na wale generatora. Powoduje to konieczność budowy wolnoobrotowych, wielobiegunowych generatorów. W publikacji przedstawiono konstrukcję takiego generatora zapewniającą mały moment zaczepowy, co pozwala na start elektrowni przy małej prędkości wiatru. Zaletą tej konstrukcji jest także mała masa wynikająca z zastosowania lekkiego wirnika.

Założenia konstrukcyjne

Przy projektowaniu generatora przyjęto następujące podstawowe założenia:

- moc 5 kW;
- napięcie wyjściowe 3×400 V;
- częstotliwość 50 Hz;
- prędkość obrotowa 150 obr./min.

Tak mała prędkość obrotowa wynika z zastosowania do napędu generatora wolnobieżnej, trójpłatowej turbiny wiatrowej o średnicy 7 m. Mała prędkość obrotowa (150 obr./min) przy częstotliwości napięcia wyjściowego 50 Hz narzuca liczbę biegunów wirnika równą 40.

Konstrukcja generatora

Podstawowym problemem w wielobiegunowych maszynach z magnesami trwałymi jest duży moment zaczepowy [2, 4, 5, 6] wynikający z dużej liczby biegunów. Przykładowo moment ten w generatorze PMZg180L-16B produkcji BOBRME KOMEL wynosi 11,8 Nm. Tak duży moment zaczepowy wywołuje drgania maszyny podczas pracy i związany z nimi hałas. Poza tym elektrownia wiatrowa startuje dopiero przy znacznej prędkości wiatru, co ma głównie znaczenie psychologiczne dla odbiorcy. Najprostszym i najczęściej stosowanym sposobem minimalizacji tego momentu jest stosowanie skosu żłobków stojana [4, 6]. Można go jednak stosować w przypadkach, gdzie długość pakietu blach stojana jest znaczna. Przy małej długości pakietu następuje wyraźne ograniczenie powierzchni użytkowej żłobka i trudności z umieszczeniem w nim uzwojenia. Innym popularnym sposobem minimalizacji momentu zaczepowego jest stosowanie skosu lub pseudoskosu (kilka magnesów na długości wirnika przesuniętych względem siebie o określony kąt) magnesów [5]. Rozwiązanie to wymaga stosowania drogich przyrządów do klejenia magnesów i nie daje tak dobrych efektów, jak skos zębów stojana. W przed-

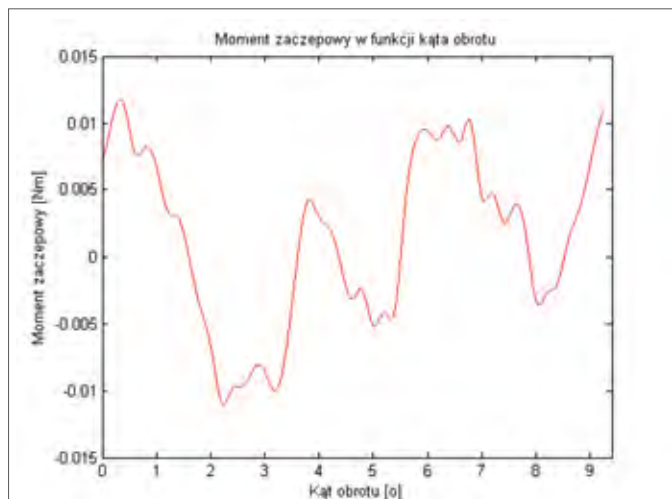
GENERATOR FOR SMALL WIND POWER PLANT

Abstract: The paper presents design of generator for small gearless wind power plant. It is multi-pole machine, whose cogging torque has been minimized through the application of odd number of stator teeth. Designing calculations of flat model of generator were carried out with the use of package COMSOL Multiphysics v3.3 using finite element method. The simulation result shows negligible value of cogging torque for such solution. The generator has low mass at the power of 6 kW and the speed of 150 rev/min.

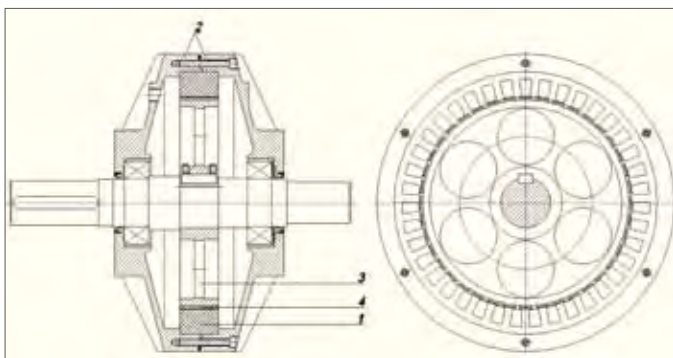
stawionej konstrukcji minimalizację momentu zaczepowego uzyskano przez zastosowanie nietypowej, nieparzystej liczby zębów stojana różnej o jeden od liczby biegunów magnetycznych wirnika. Obliczenia projektowe modelu płaskiego wykonano przy użyciu programu COMSOL Multiphysics w wersji 3.3 [10]. Do obliczenia zadanego obwodu magnetycznego program ten korzysta z metody elementów skończonych. Poniższy rysunek prezentuje zależność momentu zaczepowego prądnicy w funkcji kąta obrotu.

Jak widać moment zaczepowy jest pomijalnie mały w stosunku do momentu znamionowego generatora (ok. 400 Nm). Na rys. 2 przedstawiono dwa rzuty obrazujące konstrukcję generatora.

Pakiet blach stojana 1 umieszczony został w dwuczęściowej, aluminiowej obudowie 2. Obudowa jest odlewem aluminiowym, na którym znajdują się żebra zwiększające sztywność obudowy i poprawiające oddawanie ciepła do otoczenia. Wirnik 3 z naklejonymi magnesami 4 wykonano w postaci koła ze stalowym wieńcem. W celu zmniejszenia masy wirnika wyko-

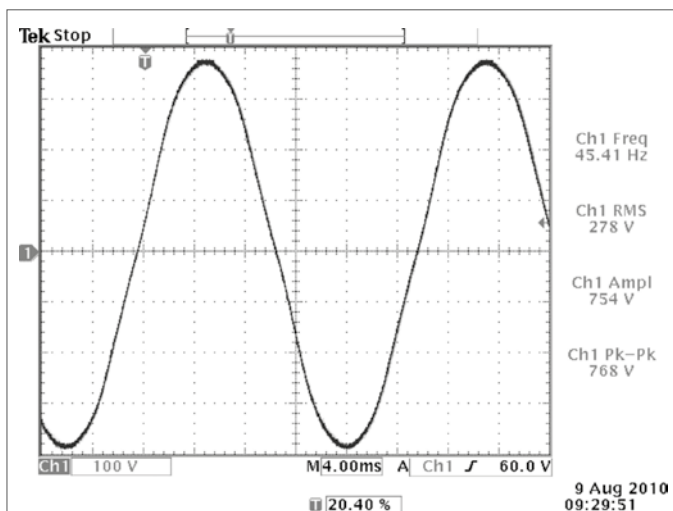


Rys. 1. Moment zaczepowy w funkcji kąta obrotu wirnika dla 5 warstw w szczelinie



Rys. 2. Konstrukcja wolnoobrotowego generatora

reklama



Rys. 3. Przebieg napięcia fazowego nieobciążonego generatora

nano w nim sześć okrągłych otworów. Wirnik osadzony jest w obudowie na dwóch baryłkowych łożyskach zapewniających przeniesienie dużych obciążeń mechanicznych, w tym dużych sił poosiowych. Szczelność obudowy zapewniają dwa pierścienie uszczelniające umieszczone w pobliżu łożysk. W pobliżu łożysk znajdują się także niewidoczne na rysunku otwory do mocowania prądnicy.

Wnioski

Wolnoobrotowe, bezprzekładniowe generatory z magnesami trwałymi znajdują coraz częstsze zastosowanie w małych elektrowniach wiatrowych przeznaczonych do wspomagania układu grzewczego domów jednorodzinnych. Latem uzyskiwana z nich energia może być magazynowana w akumulatorach lub zwracana do sieci energetycznej przez układy energoelektroniczne. Prezentowana w pracy konstrukcja ma pomijalnie mały moment zaczepowy – mniejszy od tarć w łożyskach i pierścieniach uszczelniających. Dzięki temu elektrownia wiatrowa będzie startować już przy słabych wiatrach. Zaletą jest także mała prędkość obrotowa – 150 obr./min, co pozwala umieszczać turbinę wiatrową bezpośrednio na wale prądnicy. Przedstawiona konstrukcja charakteryzuje się, przy średnicy zewnętrznej 470 mm i długości 315 mm, małą masą – wynoszącą 84 kg. Masę tę można jeszcze zmniejszyć o ok. 15 kg przez zastosowanie lżejszej obudowy – wymaga to jednak odlewów kokilowych lub ciśnieniowych, co jest związane z dużymi nakładami finansowymi i może być rozważane przy produkcji seryjnej.



Fot. 4. Widok prototypu generatora

Przeprowadzone wstępne badania potwierdziły założenia projektowe – z generatora można uzyskać moc 5 kW przy prędkości obrotowej 150 obr./min. Przykładowy przebieg napięcia fazowego pokazuje rys. 3.

W 2011 r. przeprowadzone zostaną kompleksowe badania generatora, w tym określenie jego sprawności. Na fot. 4 pokazany jest wykonany prototyp. Generator ten będzie prezentowany na I Forum Małych Elektrowni Wiatrowych 23 marca 2011 r. w Warszawie.

Praca została wykonana w ramach projektu rozwojowego nr N R01 0015 06/2009 finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

Literatura

- [1] CZUCZMAN J., CZEREPANIAK M., SZCZUR I., GOLUBOWSKI P.: *Generatory synchroniczne do autonomicznych, bezprzekładniowych elektrowni wiatrowych*, XII Konferencja „Problemy Eksploatacji Maszyn i Napędów Elektrycznych”, Ustroń 18–20 maja, 2005.

- [2] GLINKA T.: *Maszyny elektryczne wzbudzone magnesami trwałymi*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2002.
- [3] GORYCA Z.: *Wolnoobrotowy generator tarczowy do małej elektrowni wiatrowej*. XVI Konferencja „Problemy Eksploatacji Maszyn i Napędów Elektrycznych”, Ryto 28–30 maja, 2008.
- [4] KOWOL M.: *Analiza pracy przełączalnego silnika reluktancyjnego z wirnikiem zewnętrznym do napędu lekkich pojazdów*. Rozprawa doktorska, Politechnika Opolska, 2008.
- [5] ŁUKANISZYN M., MŁOT A.: *Analiza momentu elektromagnetycznego i składowych pulsacji w bezszczotkowym silniku prądu stałego wzbudzonym magnesami trwałymi*. „Przegląd Elektrotechniczny” nr 10, 2005.
- [6] GAJEWSKI M.: *Analiza pulsacji momentu w silnikach bezszczotkowych z magnesami trwałymi*. Rozprawa doktorska, Politechnika Warszawska, Wydział Elektryczny, 2007.
- [7] GORYCA Z., MŁODZIKOWSKI P.: *Analiza konstrukcji bezprzekładniowych prądnic do małych elektrowni wiatrowych*. Konferencja „Podstawowe Problemy Energoelektroniki, Elektromechaniki i Mechatroniki” PPEEm, Wisła 14–17.12.2009.
- [8] POLAK A., BEZAŃSKI A.: *Małe elektrownie wiatrowe – przykłady praktycznego zastosowania*. XII Konferencja „Problemy Eksploatacji Maszyn i Napędów Elektrycznych”, Ustroń 18–20 maja, 2005.
- [9] http://www.elektrownie-wiatrowe.org.pl/t_typy_ewi.htm-2008.01.15.
- [10] COMSOL Multiphysics wersja 3.3 licencja nr 1027828.

dr hab. inż. Zbigniew Goryca prof. P.R. – Instytut Automatyki i Telematyki, Wydział Transportu i Elektrotechniki, Politechnika Radomska, e-mail: tgoryca@kki.net.pl; z.goryca@pr.radom.pl;

dr inż. Mariusz Malinowski – Instytut Sterowania i Elektroniki Przemysłowej, Wydział Elektryczny, Politechnika Warszawska, e-mail: malin@isep.pw.edu.pl

artykuł recenzowany