

Zbigniew Goryca, Politechnika Radomska, Radom
 Mariusz Malinowski, Politechnika Warszawska, Warszawa

BEZPRZEKŁADNIOWA PRĄDNIKA MAŁEJ MOCY DO ZASILANIA URZĄDZEŃ POMIAROWYCH

GEARLESS LOW POWER GENERATOR SUPPLYING MEASURING DEVICES

Abstract: The paper presents the construction and basic characteristics of gearless generator using to supplying torque of generator has been obtained at straight teeth of stator and straight magnets of rotor, by the number of rotor poles different from the number of teeth of stator. Thanks to it, the generator starts at low wind. Low power of generator and soft output characteristic allow for charging the battery sustaining the supplement without additional electronic devices. The images of the rotor and stator of the generator illustrate the construction of generator.

1. Wstęp

Rosnące ceny energii sprawiają, że zainteresowanie elektrowniami wiatrowymi stale rośnie. Do wzrostu zainteresowania tymi urządzeniami przyczyniają się także naciski ze strony ekologów zmierzające do jak najszerszego wykorzystania naturalnych zasobów energii słońca, wiatru i wód. Elektrownia wiatrowa o mocy powyżej 1 MW jest inwestycją kosztowną i przed podjęciem decyzji o jej lokalizacji dokonuje się pomiarów wiatru na określonej wysokości przez co najmniej rok. Urządzenia pomiarowe i transmisyjne wymagają ciągłego zasilania energią elektryczną i w tym celu budowane są hybrydowe systemy zasilania składające się najczęściej z paneli fotowoltaicznych i małej prądnicy wiatrowej ładującej akumulatory podtrzymujące zasilanie. Przedstawiona w pracy prądnica służy właśnie temu celowi.

2. Konstrukcja prądnicy

Przy projektowaniu prądnicy założono prędkość obrotową 300 obr./min. moc 30 W oraz napięcie wyjściowe na poziomie 20 V. Z uwagi na konieczność minimalizacji kosztów założono także wykorzystanie wielu elementów istniejącej maszyny: obudowy, łożysk oraz pakietu blach stojana typowego małego silnika asynchronicznego. Z katalogu dobrano blachy stojana z 24-ma żłobkami. Założono także rodzaj - N33SH i parametry neodymowego magnesu $B_r=1,15T$ oraz $H_c=944$ kA/m. W celu obliczenia grubości magnesu zapewniającej brak nasycenia obwodu magnetycznego przeprowadzono obliczenia indukcji metodą elementów skończonych [7], [8], [10], we wszystkich fragmen-

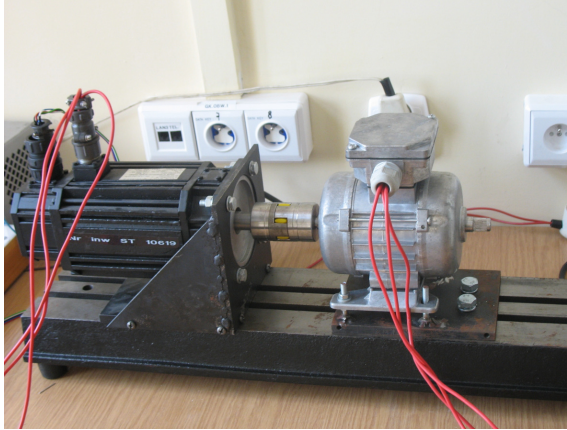
tach obwodu magnetycznego. Wartość indukcji w szczelinie silnika, prędkość obrotowa, moc i napięcie zasilania były podstawą do obliczenia parametrów uzwojenia [1], [5]. Na podstawie wyników obliczeń wykonano prototyp prądnicy przedstawiony na zdjęciach nr 1, 2, i 3. Zdjęcia te przedstawiają elementy składowe prądnicy oraz widok prototypu na stanowisku badawczym



Zdjęcie nr 1. Wirnik z naklejonymi magnesami



Zdjęcie nr 2. Uzwojeny stojan prądnicy



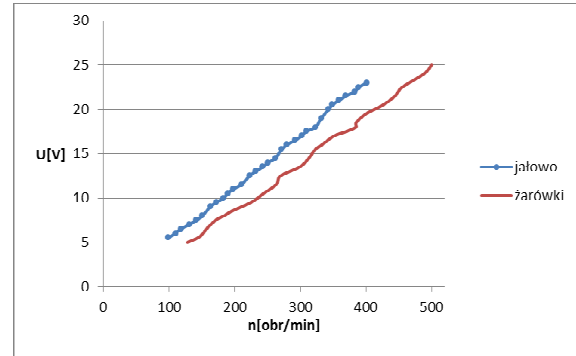
Zdjęcie nr 3. Prototyp prądnicy na stanowisku badawczym

Jak widać na zdjęciu nr 1 prądnica jest maszyną wielobiegunową. Moment zaczepowy maszyny z magnesami trwałymi zależy od wartości indukcji w szczelinie, rozpiętości kątowej pojedynczego magnesu i liczby biegunów [2], [3], [4], [8]. Przy zwiększaniu liczby biegunów moment zaczepowy wzrasta. Najczęściej stosowanym sposobem zmniejszenia momentu zaczepowego jest pakietowanie blach stojana ze skosem o jedną podziałkę żłobkową [3], [8]. Pociąga to za sobą wzrost kosztów związany z wykonaniem przyrządu do takiego pakietowania, a także zmniejszenie użytecznej powierzchni żłobka. W przypadkach, gdy pakiet stojana jest krótki zmniejszenie powierzchni żłobka jest wyraźne i występują kłopoty z uzwojeniem maszyny. W przedstawionej konstrukcji, w celu zmniejszenia tego momentu zastosowano różne liczby biegunów stojana i wirnika – stojan ma 24 bieguny, zaś wirnik 22 bieguny. Takie rozwiązanie pozwoliło, przy prostych żłobkach stojana, uzyskać moment zaczepowy na poziomie 40 mNm co stanowi około 4% momentu znamionowego prądnicy.

3. Badania laboratoryjne prądnicy

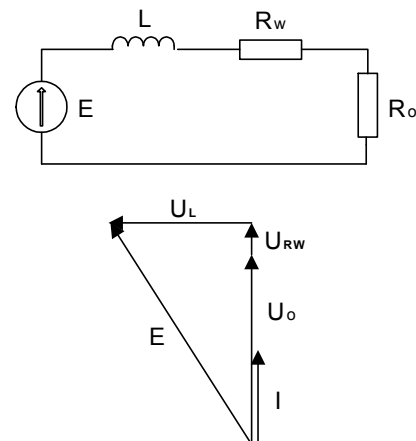
Badania prądnicy obejmowały pomiary parametrów biegu jałowego i stanu obciążenia prądnicy oraz oscylogramy napięcia fazowego i przewodowego, a także wspomniany wcześniej pomiar wartości maksymalnej momentu zaczepowego. Podczas badania stanu jałowego prądnicy wyznaczono charakterystykę napięcia wyjściowego w funkcji prędkości obrotowej. Pomiary wykonano w zakresie obrotów gene-

ratora od 100 do 400 obr./min. Na rys.1 przedstawiono porównanie napięcia uzyskanego przy biegu jałowym z napięciem przy obciążeniu prądnicy trzema żarówkami o mocy 10 W każda. Żarówki obciążające włączone były między kolejne fazy.



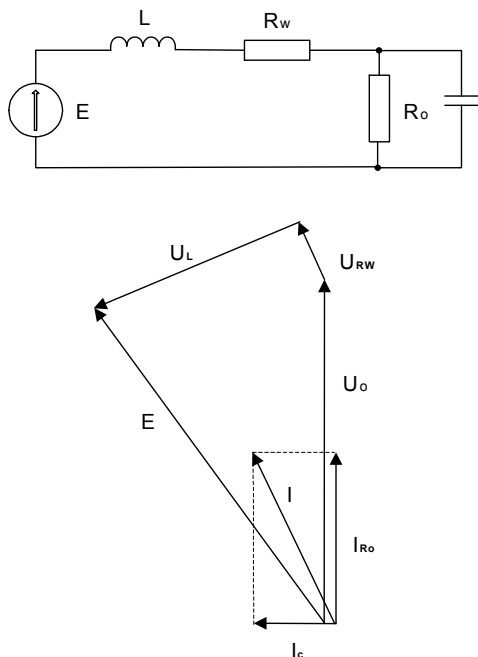
Rys. 1. Porównanie napięć bez i z obciążeniem

Uzwojenie prądnicy ma znaczną indukcyjność, a zatem spadek napięcia na x_L będzie znaczny. Można to przedstawić na wykresie wskazowym pokazanym poniżej.



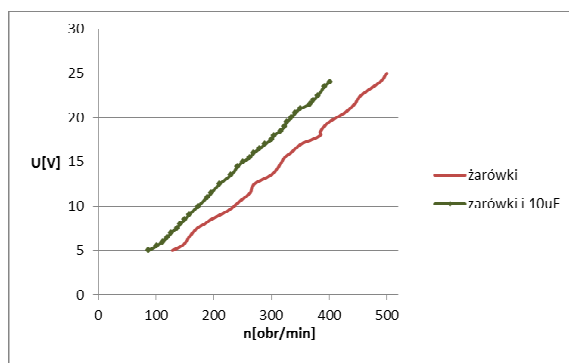
Rys. 2. Schemat zastępczy i wykres wskazowy prądnicy obciążonej rezystancyjnie

W celu kompensacji spadku napięcia na indukcyjności uzwojenia, równoległe do obciążających żarówek włączono trzy kondensatory o pojemności 10 μF . Uzyskano wyraźne zwiększenie napięcia wyjściowego prądnicy – napięcie to jest porównywalne z wartościami uzyskanymi przy biegu jałowym. Poniżej pokazano sposób tej kompensacji.



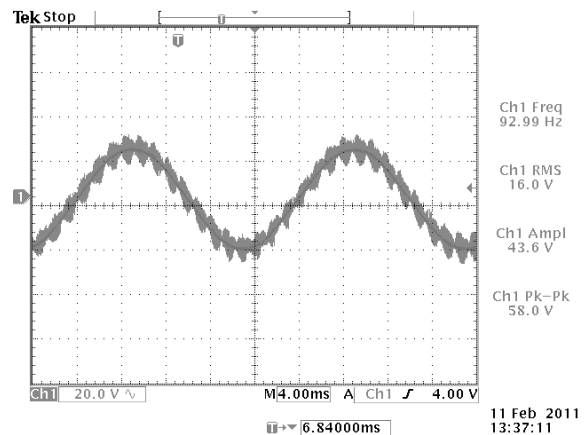
Rys. 3. Schemat zastępczy i wykres wskazowy prądnicy z kompensacją

Z wykresu przedstawionego na rys. 3 wynika, że przy odpowiedniej wartości pojemności możliwe jest uzyskanie napięcia wyjściowego równego SEM. Tak pełną kompensację można uzyskać tylko w określonym punkcie pracy prądnicy, gdyż przy innych od znamionowej prędkościach inna jest częstotliwość indukowanego napięcia i inne jest x_L .



Rys. 4. Porównanie napięć uzyskanych w stanie obciążenia bez i z kompensacją

Kształt napięcia wyjściowego prądnicy pokazany jest na rys.5. W przebiegu napięcia fazowego prądnicy widać nakładającą się na przebieg podstawowy harmoniczną wynikającą ze zmian przewodności obwodu magnetycznego prądnicy. Można zauważyć, że na jedną falę przebiegu podstawowego przypadają dwadzieścia dwie zmiany przewodności magnetycznej – tyle ile wynosi liczba biegunów wirnika.



Rys. 5. Przebieg napięcia fazowego prądnicy przy prędkości obrotowej 300 obr./min.

W przypadku zasilania urządzeń monitorujących kształt ten jest do przyjęcia, gdyż trójfazowe napięcie przemiennie jest prostowane i filtrowane – urządzenia te zasilane są prądem stałym.

4. Wnioski

Przedstawiona prądnica przeznaczona jest do zasilania urządzeń monitorujących prędkość i kierunek wiatru umieszczonych na masztach pomiarowych. Z uwagi na małą prędkość znamionową można (z pominięciem przekładni) na jej wale mocować niewielką turbinę wiatrową. Szczelna konstrukcja prądnicy zapewnia jej prawidłową pracę i brak obsługi. W prądnicy zastosowano rzadki sposób minimalizacji momentu zaczepowego, który upraszcza technologię maszyny. Uzyskane charakterystyki wykazują dużą sztywność co świadczy o znacznym zapasie mocy prądnicy. Wprowadzona kompensacja spadku napięcia na indukcyjności uzwojenia bardzo skutecznie zwiększa wartość napięcia wyjściowego, które po wprowadzenie tej kompensacji, przy prędkości znamionowej, niewiele różni się od napięcia biegu jałowego. Praca została wykonana w ramach projektu rozwojowego nr N R01 0015 06/2009 finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju

5. Literatura

- [1]. Glinka T.: *Maszyny elektryczne wzbudzone magnesami trwałymi*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2002.
- [2]. Łukaniszyn M., Młot A.: *Analiza momentu elektromagnetycznego i składowych pulsacji w bezszczotkowym silniku prądu stałego wzbudzonym ma-*

gnesami trwałymi. „Przegląd Elektrotechniczny” nr 10, 2005.

[3]. Gajewski M.: *Analiza pulsacji momentu w silnikach bezszczotkowych z magnesami trwałymi*. Rozprawa doktorska, Politechnika Warszawska, Wydział Elektryczny, 2007.

[4]. 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.

[5]. Goryca Z.: *Wolnoobrotowy generator tarczowy do małej elektrowni wiatrowej*, XVI Konferencja „Problemy Eksploatacji Maszyn i Napędów Elektrycznych”, Ryty 28-30 maj, 2008.

[6]. Goryca Z.: *Układ sterowania obciążeniem do małej elektrowni wiatrowej*, XVII Konferencja „Problemy Eksploatacji Maszyn i Napędów Elektrycznych”, Ryty 27-29 maj, 2009.

[7]. Goryca Z., Malinowski M.: *Prądnica do małej bezprzekładniowej elektrowni wiatrowej*, XVIII Konferencja „Problemy Eksploatacji Maszyn i Napędów Elektrycznych”, Ryty 26-28 maj, 2010.

[8]. Goryca Z., Ziółek M., Malinowski M.: *Moment zaczepowy wielobiegunowej maszyny z magnesami trwałymi*, Sympozjum Maszyn Elektrycznych SME'2010, Ustroń, 21-24 czerwiec 2010.

[9]. Polak A., Beżański A.: *Małe elektrownie wiatrowe – przykłady praktycznego zastosowania*. XII Konferencja „Problemy Eksploatacji Maszyn i Napędów Elektrycznych”, Ustroń 18–20 maj, 2005.

[10]. COMSOL Multiphysics wersja 3.3 licencja nr 1027828.

Autorzy

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, tel.: 601-25-05-30

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