

Bezrdzeniowa prądnica tarczowa z uzwojeniem typu SEMA

Jurij Owczynnikow, Dominik Wojtaszczyk

Wstęp

Wzrost cen energii elektrycznej powoduje, że coraz więcej odbiorców indywidualnych poszukuje alternatywnych źródeł energii. Zarówno aspekty ekonomiczne, jak i środowiskowe zachęcają do wykorzystywania odnawialnych źródeł, w postaci energii słonecznej czy wiatrowej. Szybkie tempo rozwoju technologicznego sprawia, że dużym zainteresowaniem cieszą się małe przydomowe elektrownie wiatrowe. Klasyczna konstrukcja takiej elektrowni, ze względu na skomplikowane układy mechaniczne, zostaje powoli wypierana przez elektrownie o pionowej osi obrotu, których specyficzna konstrukcja wymaga stosowania prądnic wolnoobrotowych. W niniejszej pracy przedstawiono porównanie kilku własności prądnicy bezrdzeniowej tarczowej z uzwojeniem typu SEMA, z odpowiadającą jej wymiarami maszyną tarczową bezrdzeniową o uzwojeniu klasycznym.

Wirnik prądnicy

Do badań symulacyjnych wykorzystano dwa modele prądnic o jednakowym wirniku, przedstawionym na rysunku 1. Zbudowany jest on z dwóch tarcz stalowych o grubości 5 mm. Na obwodzie tarcz umieszczono 12 par magnesów o wymiarach $50 \times 20 \times 10$ w taki sposób, aby naprzeciw siebie znajdowały się magnesy o przeciwnej polaryzacji. Takie ułożenie magnesów powoduje, że strumień magnetyczny zamyka się poprzez dwie pary sąsiednich magnesów, ferromagnetyczne tarcze oraz podwójną szczelinę powietrzną.

Stojan prądnicy

Stojany prezentowanych maszyn wykonano wg dwóch odrębnych technologii. Jedno uzwojenie zbudowano w sposób klasyczny, tzn. z 9 cewek ułożonych

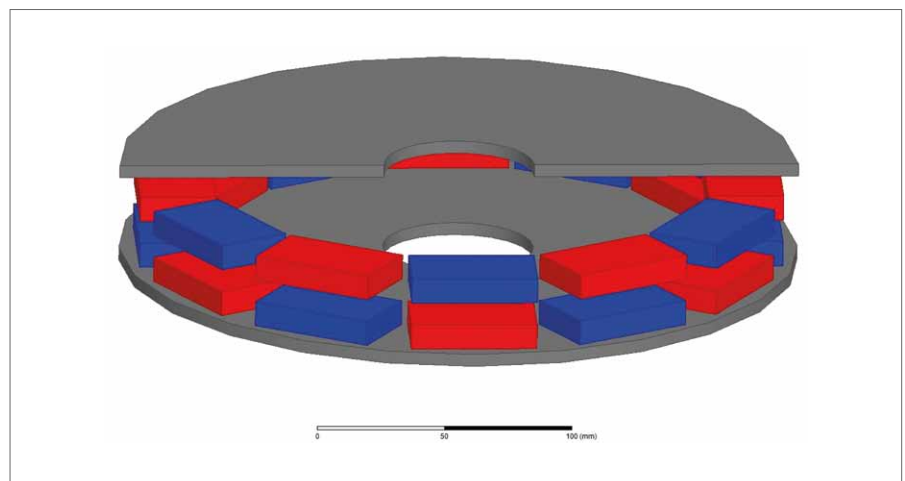
obok siebie i umieszczonych pomiędzy wirującymi magnesami. Taki sposób wykonania powoduje, że uzwojenie stojana jest typu cięciwowego i po uwzględnieniu wyznaczonego współczynnika skrótu $k_s = 0,92$ obliczono, że na każdą fazę przypadają po 3 cewki o 38 zwojach, nawinięte drutem o średnicy 1,5 mm, przesunięte względem siebie o 120 stopni (rys. 2).

Drugie uzwojenie zbudowano zgodnie z technologią SEMA. Ten sposób budowy uzwojenia pozwala na wypełnienie między wolnych przestrzeni wewnątrz cewek tworzących układ klasyczny w taki sposób, że części aktywne uzwojeń poszczególnych faz znajdują się w jednej płaszczyźnie (rys. 3).

Zaletą tego typu konstrukcji jest to, że cewki składające się na uzwojenie każdej fazy tworzą odrębne pierścienie przesunięte względem siebie o 120 stopni. Pozwala to na zastosowanie w każdej fazie takiej samej liczby cewek jak par magnesów. W przedstawionej prądnicie zbudowano zatem uzwojenie składające się z 12 cewek tworzących jedną fazę

Streszczenie: W artykule przedstawiono wyniki badań symulacyjnych modelu polowego prądnicy tarczowej z uzwojeniem stojana wykonanym w technologii SEMA. Tego typu uzwojenie pozwala na umieszczenie większej ilości zwojów w szczelinie powietrznej maszyny. Otrzymane wyniki zostały porównane z wynikami badań symulacyjnych maszyny o takich samych gabarytach, ale z uzwojeniem stojana wykonanym w sposób klasyczny.

Abstract: The article presents the results of the simulation model generator field winding of the stator blade made in the technology of SEMA. This type of winding allows placing a greater number of turns in the air gap of the machine. The results obtained were compared with the results of the simulation machine with the same dimensions, but with the stator winding formed in a classical way. (Coreless generator winding disc type SEMA).



Rys. 1. Wirnik prądnicy tarczowej

(rys. 4). W celu zachowania jednakowej grubości części aktywnych uzwojeń obu prądnic pojedyncza cewka stojana typu SEMA składa się z 10 zwojów nawiniętych drutem o średnicy 1,5 mm.

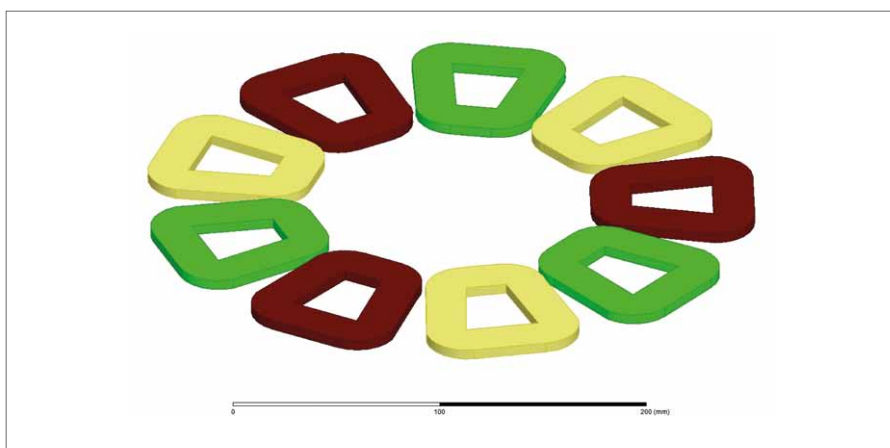
Wyniki badań symulacyjnych

Obwód elektromagnetyczny omawianych prądnic odwzorowano metodą elementów skończonych w programie komputerowym Maxwell 3D. Ze względu na charakterystyczny rozptył strumienia magnetycznego w szczelinie prądnicy tarczowej badania symulacyjne zostały wykonane na modelach trójwymiarowych. Po zdefiniowaniu właściwości materiałowych poszczególnych elementów modeli prądnic zadano wymuszenie w postaci prędkości obrotowej wirnika. Przyjęto, że trójfazowe uzwojenie stojana połączone jest w gwiazdę. Dla każdej prądnicy zadano obliczoną rezystancję uzwojenia oraz rezystancję odbiornika obciążającego generatora. Odbiornik dobrano w taki sposób, aby prąd pobierany przez obciążenie maszyny nie przekroczył wartości dopuszczalnych.

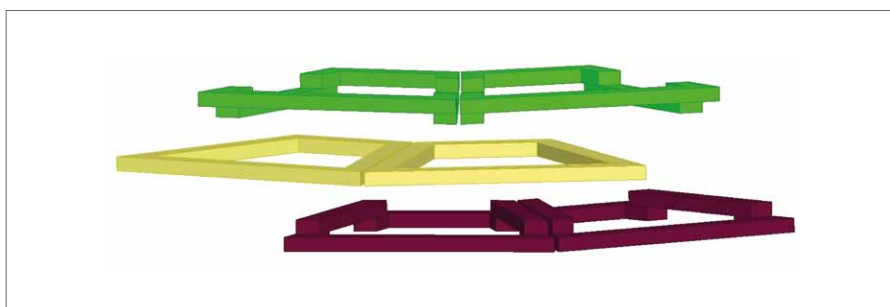
W pierwszym etapie badań symulacyjnych wyznaczono rozkład indukcji magnetycznej w uzwojeniach. Na rysunku 5 i 6 przedstawiono rozkład indukcji pola magnetycznego w pojedynczym uzwojeniu omawianych prądnic w dowolnej chwili czasowej.

Następnie wyznaczono wartości napięć indukowanych w uzwojeniach, a także moce generowane przez omawiane prądnice. Wartości tych parametrów przedstawiono na rysunkach 7 i 8.

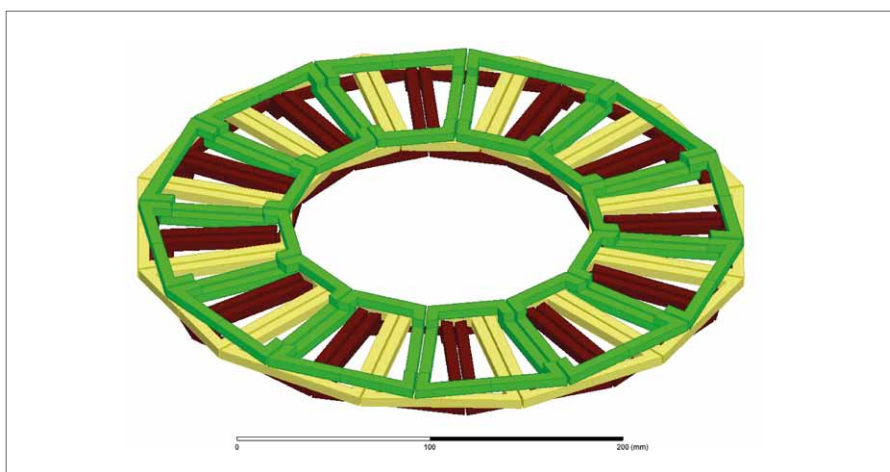
Porównanie wyznaczonych wartości napięć indukowanych w uzwojeniach pozwala stwierdzić, że w przypadku stosowania uzwojenia wykonanego w technologii SEMA indukowane napięcie jest o 25% wyższe niż w przypadku uzwojenia klasycznego. Przekłada się to w bezpośredni sposób na moce maszyn. Moc prądnicy wykonanej w technologii SEMA jest o 40% większa niż moc prądnicy klasycznej. W tabeli 1 przedstawiono porównanie najważniejszych parametrów omawianych prądnic dla trzech wartości prędkości obrotowej. Zarówno prąd, napięcie, moc, jak i moment na wale są większe dla prądnicy typu SEMA. Niższy natomiast jest tylko współczynnik k . Współczynnik ten określa stosunek mocy maszyny do objętości uzwojenia stojana



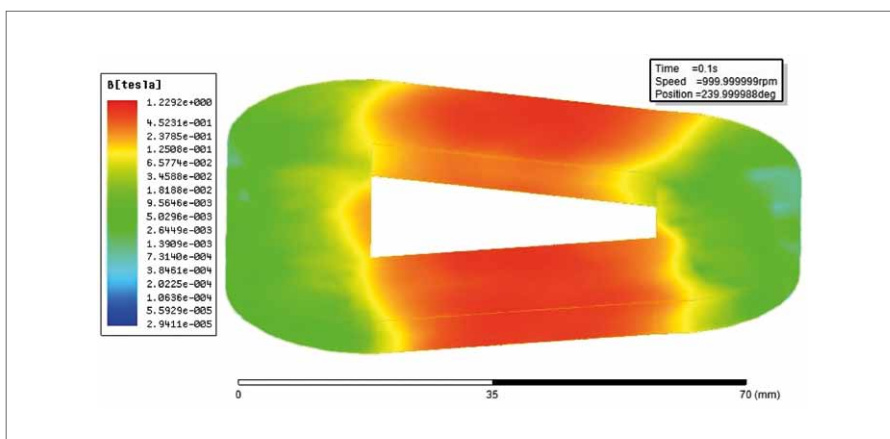
Rys. 2. Uzwojenie stojana klasycznej prądnicy tarczowej



Rys. 3. Sposób budowy uzwojenia zgodnie z technologią SEMA



Rys. 4. Uzwojenie stojana prądnicy tarczowej w technologii SEMA



Rys. 5. Rozkład indukcji magnetycznej w cewce uzwojenia klasycznego

na, zatem określa ilość wyprodukowanej mocy z jednego cm^3 miedzi wykorzystanej do budowy uzwojenia. Wyższa wartość współczynnika k dla prądnicy klasycznej wynika z tego, że stosunek czoła cewki do jej ramienia, czyli części czynnej, w której indukowane jest napięcie, jest niższy niż dla maszyny z uzwojeniem SEMA.

Wnioski

Zastosowanie w prądnicach tarczowej uzwojenia stojana wykonanego w technologii SEMA daje możliwość umieszczenia większej ilości zwojów w polu magnetycznym wirnika. Skutkuje to wzrostem indukowanego napięcia w uzwojeniach, a tym samym wzrostem momentu na wale maszyny i w konsekwencji wzrostem mocy znamionowej prądnicy. Wadą tego typu konstrukcji jest większa masa i koszt wykonania stojana w stosunku do prądnicy o uzwojeniu klasycznym. Prezentowana konstrukcja prądnicy przeznaczona jest do stosowania w elektrowniach wiatrowych o pionowej osi obrotu i należy mieć na uwadze, że jej parametry ściśle zależą od prędkości wiejącego wiatru.

Literatura

- [1] GLINKA T., KRÓL E., WOLNIK T.: *Model połowy bezrdzeniowej maszyny tarczowej*. „Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne” 86/2010, s. 187–190.
- [2] KORALEWSKI B., LUDWICZAK P., WALSZCZAK T.: *Budowa modelu prądnicy tarczowej*. Prace Naukowe Instytutu Maszyn, Napędów i Pomiarów Elektrycznych Politechniki Wrocławskiej nr 66, Studia i materiały nr 32, 2012.
- [3] PAPLIICKI P.: *Optymalizacja maszyny tarczowej z magnesami trwałymi z wykorzystaniem metod połowych*. Prace Naukowe Instytutu Maszyn, Napędów i Pomiarów Elektrycznych Politechniki Wrocławskiej nr 66, Studia i materiały nr 32, 2012.

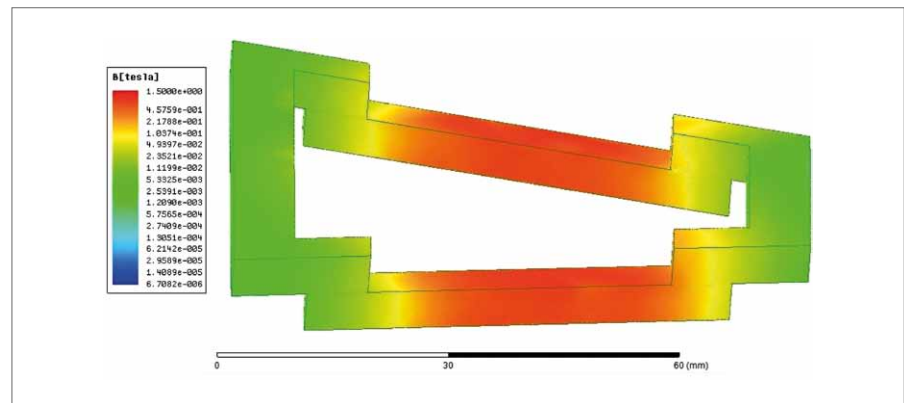
mgr inż. Jurij Owczynnikow –
e-mail: owczynnikow@o2.pl;

mgr inż. Dominik Wojtaszczyk –
e-mail: d.wojtaszczyk@pwsz.kalisz.pl;
Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa im.
Prezydenta Stanisława Wojciechowskiego
w Kaliszu, Katedra Elektrotechniki

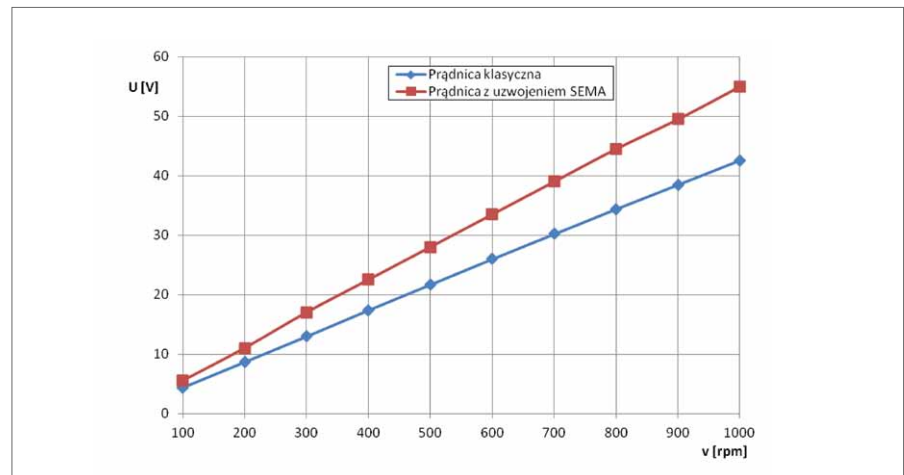
artykuł recenzowany

Tab. 1. Porównanie wybranych parametrów prądnic z uzwojeniem w układzie klasycznym i SEMA

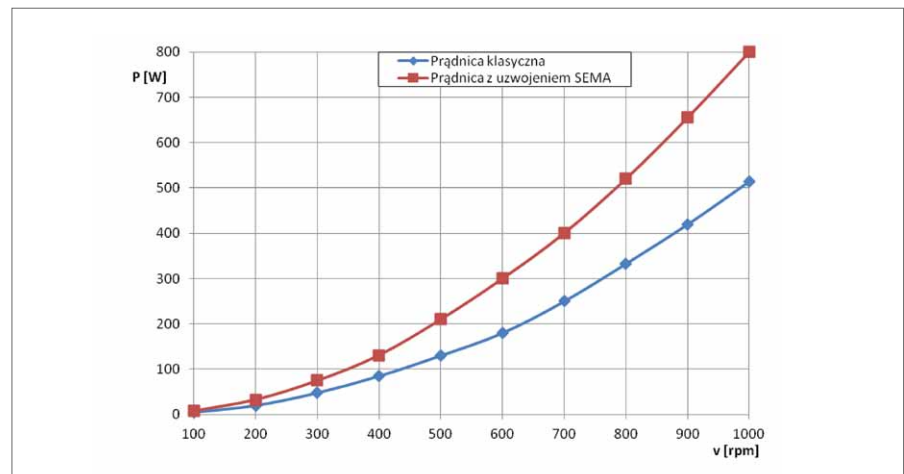
	Prędkość klasyczna			Prądnica w układzie SEMA		
	100	500	1000	100	500	1000
Prędkość obrotowa [obr/min]	100	500	1000	100	500	1000
Prąd [A]	0,38	1,87	3,69	0,45	2,25	4,4
Napięcie indukowane [V]	4,61	22,9	45	5,7	28	55
Napięcie na odbiorniu [V]	4,52	22,5	44,2	5,6	27	53
Moc [W]	5,1	126,5	488	7,6	182	700
Straty w miedzi [W]	0,06	1,58	6,1	0,2	5	19,2
Moment na wale [Nm]	1,25	2,62	5,65	1,24	4,08	6,98
k [W/cm^3]	0,028	0,7	2,72	0,026	0,63	2,41



Rys. 6. Rozkład indukcji magnetycznej w cewce uzwojenia SEMA



Rys. 7. Zależność indukowanego napięcia w funkcji prędkości obrotowej wirnika



Rys. 8. Zależność mocy na wale prądnicy w funkcji prędkości obrotowej wirnika

INNOWACYJNE MASZYNY I TECHNOLOGIE – EFEKTYWNOŚĆ