

Anatolij AFONIN<sup>1</sup>  
Piotr SZYMCZAK<sup>1</sup>

## SILNIKI TARCZOWE Z MAGNESAMI TRWAŁYMI

*Przedstawiono wyniki badań maszyn elektrycznych z magnesami trwałymi o konfiguracji tarczowej. Wykonano porównanie tarczowych maszyn elektrycznych z uzwojeniami Game'a i gładkimi bezrdzeniowymi uzwojeniami stojana. Zaproponowano sposoby budowy tarczowych maszyn elektrycznych z bezrdzeniowym stojanem. Jak pokazują wyniki przeprowadzonych badań eksperymentalnych, sprawność bezrdzeniowych maszyn tarczowych jest większa w porównaniu do maszyn z uzwojeniami Game'a. Wyniki badań stanowią podstawę do opracowania tarczowych maszyn elektrycznych ze zwiększonymi momentem elektromagnetycznym i sprawnością oraz zredukowanymi masami.*

### 1 WSTĘP

Silniki tarczowe z magnesami trwałymi [1] są atrakcyjną alternatywą względem silników cylindrycznych z powodu zwartej budowy i znajdują szerokie zastosowanie w napędzie elektrycznych pojazdów, pomp, wentylatorów, robotów i wyposażenia przemysłowego. Stosuje się je również w układach, w których ze względu na proces technologiczny prędkość i moment są dokładnie kontrolowane. W większości układów napędowych stosuje się silniki tarczowe jako bezszczotkowe silniki typu BLDC.

### 2 SILNIK Z UZWOJENIAMI GAME'A

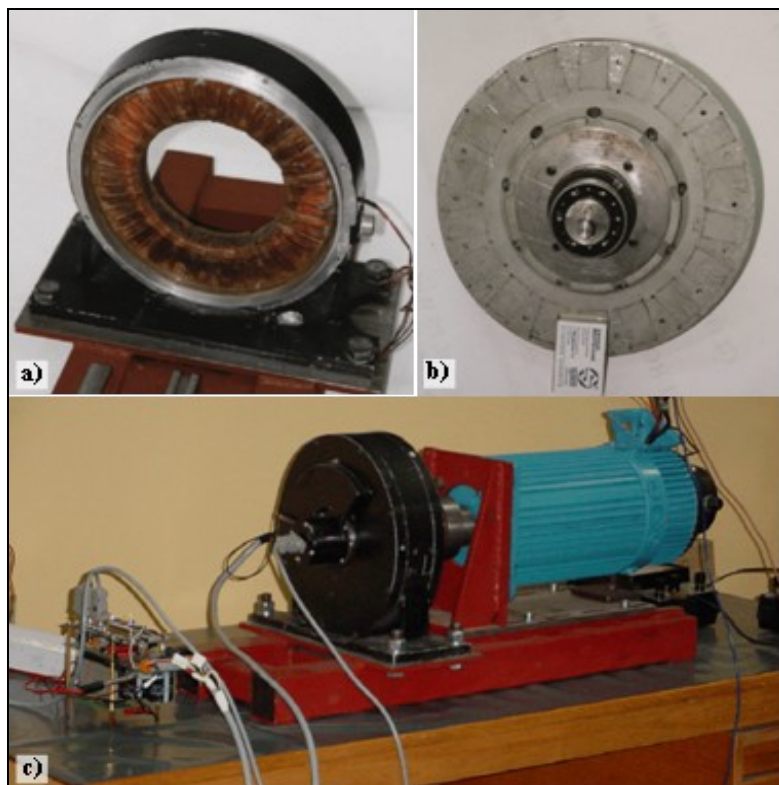
Przedstawiono wyniki analizy i badań dwóch rozwiązań konstrukcyjnych silników z uzwojeniami Game'a i nowymi strukturami uzwojeń sterowania.

Silnik tarczowy z uzwojeniami Game'a składa się z stojana w postaci toroidalnego jarzma z nawiniętymi uzwojeniami sterowania i wirnika z magnesami trwałymi. Magnesy są ułożone w sposób konwencjonalny poprzez wklejanie w jarzma ferromagnetyczne. Silnik ma 18 biegunów magnetycznych. Wirnik składa się z następujących części: dwie 2 tarcze z magnesami trwałymi, wał wraz z łożyskami.

Elementy konstrukcyjne silnika tarczowego z uzwojeniami Game'a pokazano na rys. 1: rys. 1a – stojan silnika tarczowego z uzwojeniami Game'a; rys. 1b – jeden z dwóch wirników z magnesami trwałymi; rys. 1c - silnik tarczowy razem z układem napędowym. Stojan zawiera uzwojenia wykonane w technologii Game'a i zatopione w żywicy epoksydowej.

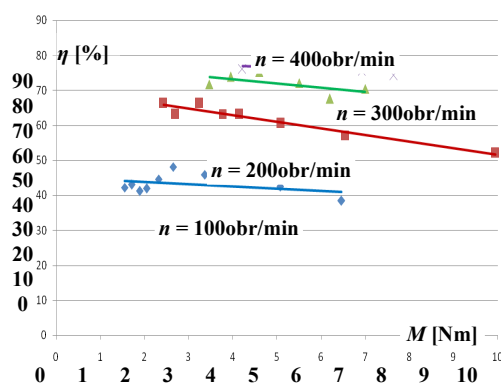
---

<sup>1</sup> Instytut Elektrotechniki, Politechnika Szczecińska, ul. Gen. Wł. Sikorskiego 37, 70-313 Szczecin, tel. (91) 449 42 17, e-mail: [afonin@ps.pl](mailto:afonin@ps.pl); [peszym@ps.pl](mailto:peszym@ps.pl)



Rys. 1. Widok silnika tarczowego z uzwojeniami Gramme'a

Charakterystyki silnika tarczowego z uzwojeniami Gramme'a pokazano na rys. 2 w postaci zależności sprawności od momentu obrotowego na wale przy różnych prędkościach.



Rys. 2. Charakterystyki silnika tarczowego z uzwojeniami Gramme'a

### 3 SILNIK TARCZOWY BEZRZDENIOWY

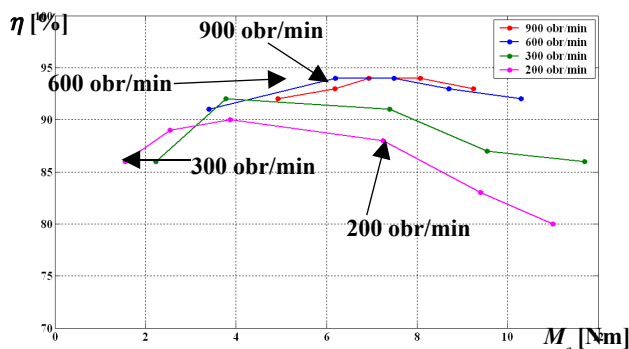
Na bazie technologii SEMA opracowano nowy typ uzwojeń sterowania bezrdzeniowych silników tarczowych. Przedstawione sposoby wykonania poszczególnych cewek, etapy tworzenia układu trójfazowego oraz technologia składania stojana mogą posłużyć jako wskazówki do procesu produkcyjnego.

Zaproponowana konstrukcja silnika tarczowego umożliwia prostą jego rozbudowę, poprzez dodanie kolejnych segmentów warstw prądowych (stojanów) oraz magnetycznych (tarcz wirnika) w celu zmiany parametrów wyjściowych np. mocy przy jednoczesnym polepszeniu współczynnika wykorzystania maszyny. Bezrdzeniowy silnik tarczowy pokazano na rys. 3: rys. 3a – składowe elementy konstrukcyjne; rys. 3b – konfiguracja silnika w programie SOLIDWORKS; rys. 3c – widok konstrukcji silnika.



Rys. 3. Elementy konstrukcyjne bezrdzeniowego silnika tarczowego

Charakterystyki bezrdzeniowego silnika tarczowego pokazano na rys. 4.



Rys. 4. Charakterystyki silnika tarczowego bezrdzeniowego

## 4 WNIOSKI

Z przeprowadzonych badań wynika, że zastosowanie zaproponowanej koncepcji konstruowania bezrdzeniowych silników tarczowych powoduje zwiększenie indukcji magnetycznej w szczelinie roboczej i poprawienia jej kształtu oraz zmniejszenie pola magnetycznego rozproszenia na zewnątrz jej. Poprawie w stosunku do rozwiązań konwencjonalnych z uzwojeniami Grame'a ulegają charakterystyki silnika, w tym sprawność. Przeprowadzone badania pokazują także, że przez odpowiednie kształtowanie struktury obwodów wzbudzenia z magnesami trwałymi o różnych kątach wektorów namagnesowania i elementami ferromagnetycznymi uzyskuje się podwyższone wartości indukcji magnetycznej o kształcie sinusoidalnym lub trapezowym w szczelinie.

## 5 LITERATURA

1. Afonin A. A. *Disc-type permanent magnet electrical machines*. Przegląd Elektrotechniczny, no.11, pp. 149-152, 2007.

## DISC-TYPE PM ELECTRICAL MACHINES

*The investigation results of permanent magnet disc-type electrical machines have been presented. Comparison between disc machines with Grama windings and smooth stator windings are fulfilled. The way of disc-type electrical machines design with smooth stator windings has been proposed. As carried out test testify efficiency of disc-type electrical machines with smooth stator windings is better with comparison of machines with Grama windings. The research results are base for design of disc-type electrical machines with better electromagnetic torque and efficiency as well as lesser mass.*