

Stanisław Azarewicz, Bogumił Węgliński
Politechnika Wroclawska, Wrocław

MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA MAGNETYCZNYCH KOMPOZYTÓW PROSZKOWYCH DO REALIZACJI WIRNIKÓW SILNIKÓW RELUKTANCYJNYCH MAŁEJ MOCY

MAGNETIC POWDER COMPOSITES BASED ROTORS FOR SMALL POWDER RELUCTANCE MOTORS WITH ASYNCHRONOUS START

Abstract: The paper presents theoretical analyze and simulation calculations results of chosen models of the small power reluctance motors, in which traditional rotor was replaced by a rotor made by compacting of magnetic powder composite (MPC). Determination of realization possibility and usability of such solution, in particular designs of this type of rotors, including reluctance motors manufactured individually, was a target of the presented research. Important advantage of MPC technology is simply way of various materials joining in one element. This enables creation of magnetic core design consisting of integrating structures with various physical properties. Disadvantage of MPC is lower permeability and greater energy loss if compare with electrical sheet. However, this disadvantage is of less importance in some applications, particularly in atypical solutions of motors designed for specific applications.

1. Wstęp

Silniki synchroniczne małej mocy znajdują coraz szersze zastosowanie w wielu urządzeniach przemysłowych, gospodarstwa domowego, miernictwa itp. Klasyczne silniki reluktancyjne mają budowę utrudniającą rozruch asynchroniczny z odpowiednio dużym momentem co powoduje, że stosowane są najchętniej tam gdzie rozruch może być dokonany bez obciążenia. Zasilanie silników reluktancyjnych z pręmienników częstotliwości częściowo rozwiązało problem ich rozruchu, jednakże nadal większość tego typu silników zasilana jest bezpośrednio z sieci. Ostatnio pręźnie rozwijają się konstrukcje silników reluktancyjnych małej mocy z rozruchem asynchronicznym, Należą także do nich silniki reluktancyjne dowzbudowane magnesami trwałymi. Obie te konstrukcje silników bazują na typowej konstrukcji silnika indukcyjnego klatkowego w wirnik, którego wprowadzono asymetrię magnetyczną wykorzystując do rozruchu klatkę wykonaną podobnie jak w silnikach klatkowych, metodą odlewania z aluminium. Wprowadzając magnetyczne kompozyty proszkowe (MKP) do realizacji wirnika, zamiast wirnika bazującego na typowej konstrukcji z blach magnetycznych mamy następujące możliwości:

- przestrzennego rozkładu strumienia magnetycznego w magnetowodzie,
- łatwego kreowania kształtu magnetowodu, a szczególnie kształtów i konstruk-

- cji trudnych do realizacji z blachy elektrotechnicznej,

- tworzenia magnetowodów hybrydowych,
- uzyskiwania finalnych kształtów bez dodatkowej obróbki,
- łatwego recyklingu produktu

Na podstawie dotychczasowych doświadczeń autorów na aplikację wirników silników reluktancyjnych najlepiej nadają się magnetycznie miękkie spieki, dielektromagnetyki spiekane lub dielektromagnetyki prasowane.

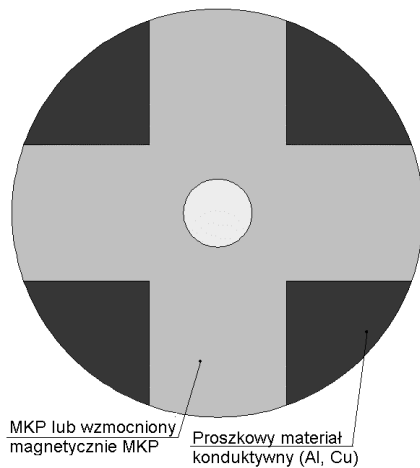
Przedstawiono wyniki obliczeń symulacyjnych silnika reluktancyjnego wykonanego na bazie silnika indukcyjnego klatkowego, którego wirnik zastąpiono wykonanymi z MKP wirnikami reluktancyjnymi z klatką rozruchową wykonaną z proszku miedzi.

Przyjęto do realizacji najprostsze konstrukcje wirnika tak aby, ich wykonanie na drodze metalurgii proszków było jak najprostsze, a jednocześnie zapewniało niezbędny stosunek reluktancji X_d/X_q

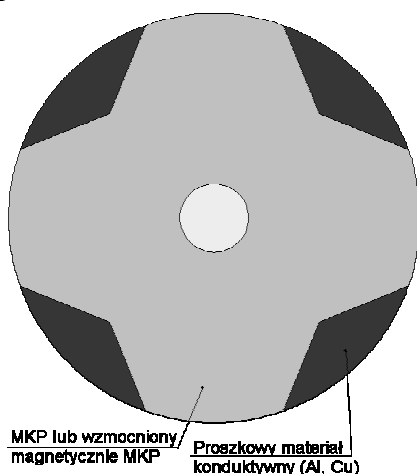
Pomimo znacznej niedoskonałości konstrukcji wirnika jego badania symulacyjne umożliwiły wstępną ocenę możliwości realizacji tego typu wirników oraz parametrów rozruchowych silnika. Optymalizacja konstrukcji silnika oraz składu MKP umożliwi istotną poprawę parametrów silnika z wirnikiem reluktancyjnych wykonanym z MKP.

2. Modelowe konstrukcje wirników silników reluktancyjnych wykonanych z MKP

Możliwe jest w technologii MKP bezpośrednie przeniesienie typowych konstrukcji realizowanych z blach lub projektowanie wirników o praktycznie dowolnych kształtach z wykorzystaniem możliwości modyfikowania struktur, np. przez infiltrowanie materiałem przewodzącym, tworzenie układów hybrydowych, mieszanych magnetycznie itp. Stosując jednak magnetowód wirnika o najprostszym kształcie możemy zminimalizować koszty jego wykonania. Na rysunku 1 przedstawiono wybrane do analizy i obliczeń konstrukcje wirników wykonanych z MKP.



Rys. 1a. Wirnik silnika reluktancyjnego synchronicznego z klatką rozruchową wykonany z MKP



Rys. 1b. Wirnik silnika reluktancyjnego synchronicznego z klatką rozruchową o zmniejszonym polu przekroju poprzecznego wykonany z MKP

Wykonanie tych wirników jest możliwe przy zastosowaniu jednego procesu prasowania co upraszcza i obniża koszty ewentualnej produkcji.

Jako materiał magnetyczny zastosowano czysty proszek żelaza, zaś jako materiał przewodzący – proszek miedzi.

Celem uzyskania parametrów niezbędnych do obliczeń symulacyjnych wykonano odpowiednie próbki odzwierciedlające wirniki. Próbki prasowano dwustronnie ciśnieniem 800 MPa, a następnie poddano obróbce cieplnej w temperaturze 500°C przez 0,5 h.

3. Obliczenia symulacyjne silnika z wirnikami wykonanymi z MKP

W obliczeniach symulacyjnych główną uwagę skupiono na obszarze obejmującym pracę asynchroniczną silnika, ponieważ parametry w tym obszarze decydują zarówno o możliwym momencie obciążenia silnika podczas rozruchu jak i o pewności jego wprowadzenia do pracy synchronicznej.

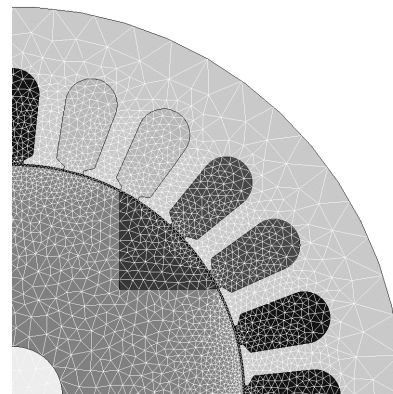
Moment synchroniczny może być wyznaczony na podstawie stosunku X_d/X_q , który w przypadku analizowanych silników wynosi około 1,5.

Model silnika reluktancyjnego zrealizowano na bazie silnika indukcyjnego klatkowego Sg56-4A.

Do obliczeń wykorzystano program do numerycznej analizy pól elektromagnetycznych FLUX 2D, wyznaczając za jego pomocą podstawowe parametry silników modelowych.

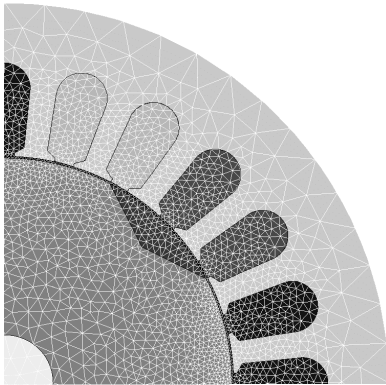
Na rysunku 2 przedstawiono fragmenty modeli silników reluktancyjnych z wirnikami wykonanymi z MKP z zaznaczoną siatką obliczeniową.

a.



Model A

b.

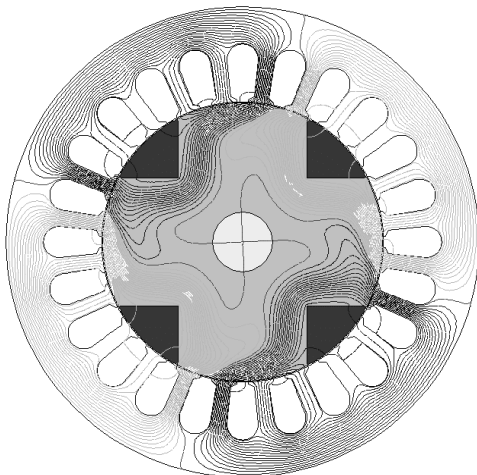


Model B

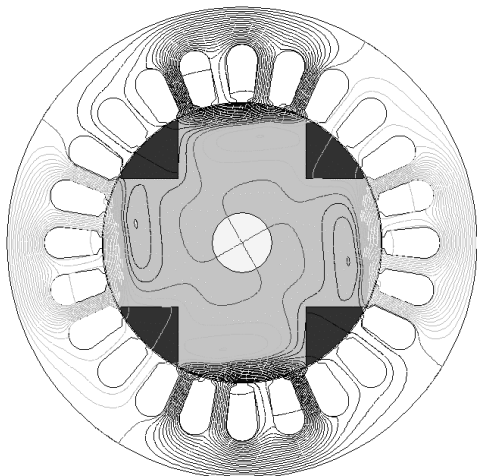
Rys. 2. Modele silnika reluktancyjnego z zaznaczoną siatką obliczeniową

Przykładowe rozkłady strumieni magnetycznych w modelach silników przedstawiono na rysunku 3 i 4

a.



b.

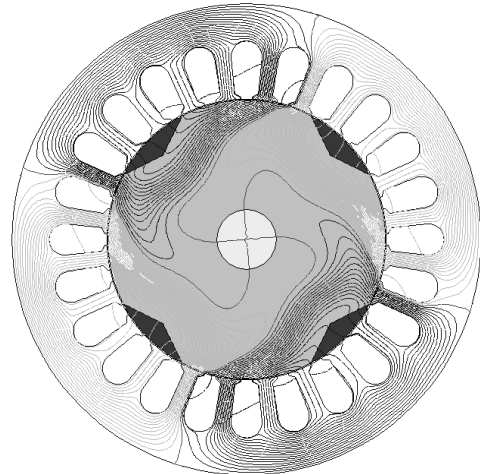


Rys. 3. Rozkład strumienia magnetycznego w badanym modelu silnika (A)

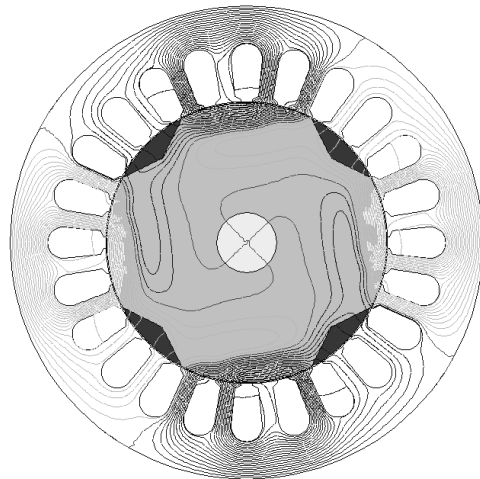
a. przy poślizgu $s = 0,004$

b. przy poślizgu $s = 1$

a.



b.



Rys. 4. Rozkład strumienia magnetycznego badanego Modelu silnika B:

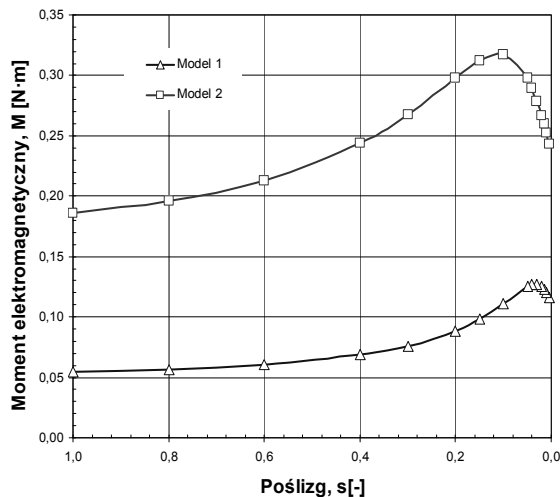
a) przy poślizgu $s=0,004$,

b) przy poślizgu $s=1$

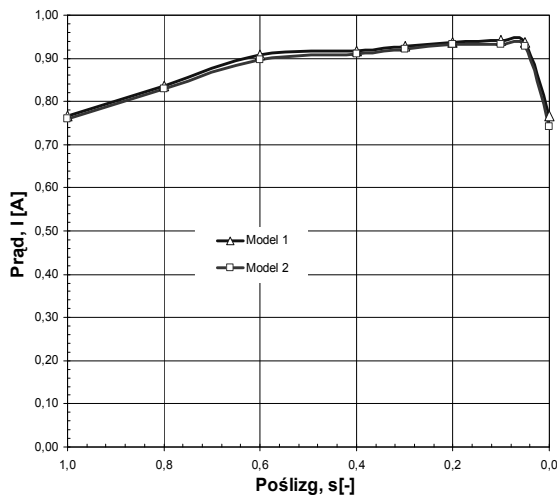
Porównując przebiegi strumienia w badanych modelach silników należy zauważyć, że zmniejszenie objętości miedzi powoduje bardziej równomierne rozłożenie linii sił pola, co może skutkować mniejszymi pulsacjami momentu i prędkości.

Z analizy tej wynika również, że projektując tego typu wirniki należy optymalizować udział kompozytu przewodzącego w polu przekroju wirnika oraz poszukiwać możliwości zwiększenia stosunku X_d/X_q .

Obliczone przebiegi momentu elektromagnetycznego silników modelowych przedstawiono na rysunku 5, zaś przebiegi prądu rozruchowego na rysunku 6.



Rys. 5. Przebiegi momentu elektromagnetycznego silników modelowych podczas rozruchu



Rys. 6. Przebiegi prądu podczas rozruchu modelowych silników reluktancyjnych

Przedstawione przebiegi momentu elektromagnetycznego wskazują, że wykorzystując MKP możliwe jest realizowanie silników reluktancyjnych z rozruchem asynchronicznym spełniających wymagania stawiane silnikom tego typu.

Optymalizacja parametrów silnika będzie możliwa zarówno w wyniku zmiany konstrukcji jego wirnika jak również, w wyniku odpowiedniego doboru zastosowanych proszków żelaza. Prowadzone w naszym Instytucie badania wskazują, że możliwa jest istotna poprawa parametrów magnetycznych MKP w wyniku np. stosowania w kompozycie ziaren żelaza izolowanych dielektrykiem i nieizolowanych.

4. Wnioski

Zastosowanie magnetycznego kompozytu proszkowego w konstrukcji maszyn elektrycz-

nych rozszerza możliwości konstruowania i realizacji głównie maszyn małej mocy i specjalnego przeznaczenia.

Przeprowadzone obliczenia i symulacje wskazują na możliwość realizacji między innymi wirników do silników reluktancyjnych z rozruchem asynchronicznym.

Konstrukcja wirników z MKP może być łatwo uzupełniona o magnesy trwałe, które zwiększą moment synchroniczny tych silników.

Możliwość infiltracji miedzią lub aluminium wirnika kompozytowego stworzy obwód tłumiący drgania prędkości tych silników stanowiąc jednocześnie dodatkową klatkę rozruchową.

Literatura

- [1]. Azarewicz S., Koniarek J., Węgliński B., *Dielectromagnetic rotor of induction motor*, Euro PM, Conference proceedings, vol. 4, Austria, Vienna 2004, s. 599-604
- [2]. Azarewicz S., Buniowski A., Weglinski B., *Hybrid magnetic cores for reluctance electrical motors*, PM2TEC, Conference proceedings, vol. 3, USA, Chicago 2004,
- [3]. Buniowski, A., Weglinski, B. *Hybrid Magnetic Cores – Technology and Properties of Soft and Hard Magnetic Joins of Type: Dielectromagnetic/dielectromagnet*, 2003, Raport Politechniki Wrocławskiej SPR#33/2003,
- [4]. Gaworska D., Koniarek J., Juchim S., Węgliński B., *Reinforced dielectromagnetic cores behaviour under rotational magnetic field*, Micro-machines & servodrives. International XIV symposium. Tuczno, 12...16.09.2004. Warszawa: Wydaw. Książkowe Instytutu Elektrotechniki, cop. 2004 s. 177-182,
- [5]. CEDRAT, FLUX® 8.10 2D *Application, User guide, vol.4, Solving and results postprocessing*, March 2005.

Adres Autorów

Politechnika Wroclawska, Instytut Maszyn,
Napędów i Pomiarów Elektrycznych
Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-372 Wrocław
e-mail: stanislaw.azarewicz@pwr.wroc.pl
bogumil.we3glinski@pwr.wroc.pl