

*silnik synchroniczny, magnesy trwałe
silnik zasilany z falownika*

Piotr KISIELEWSKI*

SILNIK SYNCHRONICZNY ŚREDNIEJ MOCY Z MAGNESAMI TRWAŁYMI ZASILANY Z FALOWNIKA

W artykule przedstawiono koncepcję budowy i wykonania silnika synchronicznego średniej mocy wzbudzanego magnesami trwałymi, przeznaczonego do zasilania z falownika. Omówiono problemy występujące przy wykonaniu i pracy silnika oraz procesie rozruchu z istniejącym od magnesów trwałych strumieniem magnetycznym. Przedstawiono korzyści wynikające ze stosowania magnesów trwałych w silnikach synchronicznych średniej mocy zasilanych z falownika.

1. WSTĘP

Silniki synchroniczne, szczególnie w zakresie średnich i dużych mocy, stanowią dużą grupę odbiorów. Możliwość wytworzenia i regulacji mocy biernej to główne zalety tych silników. W klasycznej maszynie synchronicznej do wytworzenia strumienia wzbudzenia używane jest uzwojenie wzbudzenia. Prąd stały płynący w tym uzwojeniu powoduje powstanie strat cieplnych. Zastąpienie wzbudzenia elektromagnetycznego magnesami trwałymi eliminuje te straty i w znaczący sposób podnosi sprawność maszyny.

Magnesy trwałe stosowane są obecnie z powodzeniem w maszynach małej mocy. Takie silniki synchroniczne zostały wszechstronnie zbadane i wykonano ich prototypy [4, 5]. Zastosowanie magnesów trwałych w generatorach synchronicznych zwiększa ich sprawność. Kosztem takiego rozwiązania konstrukcyjnego jest brak możliwości regulacji mocy biernej [1]. Regulowanie tej mocy mogłyby zapewnić układy hybrydowe wzbudzone zarówno magnesami, jak i uzwojeniami wzbudzenia zasilanymi napięciem stałym. Jest to jednak rozwiązanie konstrukcyjnie i technologicznie trudne.

* Politechnika Wroclawska, Instytut Maszyn, Napędów i Pomiarów Elektrycznych, 50-372 Wrocław, ul. Smoluchowskiego 19, e-mail: piotr.kisielewski@pwr.wroc.pl

Istotnym problemem w silnikach synchronicznych jest rozruch. Jest on szczególnie trudny w silnikach z magnesami trwałymi ze względu na występujący strumień od magnesów. W silniku synchronicznym z magnesami trwałymi o rozruchu bezpośrednim załączenie stojana przy nieruchomym wirniku powoduje powstanie, jak w silniku indukcyjnym, momentu napędowego od klatki rozruchowej. Istnienie strumienia wzbudzenia od magnesów trwałych powoduje powstanie momentu hamującego, który jest skierowany przeciwnie do momentu napędowego.

Silnik synchroniczny zasilany z sieci elektroenergetycznej nie ma możliwości regulacji prędkości obrotowej. Stosuje się silniki dwubiegowe, niestety do znacznej części napędów skokowa regulacja prędkości obrotowej jest niewystarczająca.

W proponowanym rozwiązaniu konstrukcyjnym problem rozruchu i regulacji prędkości obrotowej rozwiązano poprzez zastosowanie falownika. Rozruch odbywa się metodą częstotliwościową.

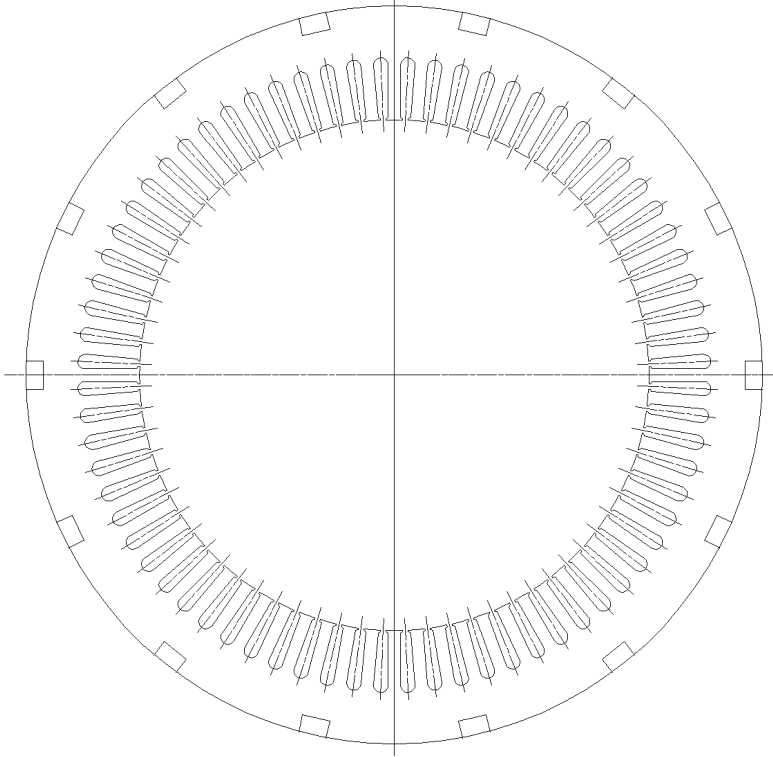
Klatka tłumiąca umieszczona na wirniku służy jedynie do tłumienia kołysań w przypadku pojawienia się stanów przejściowych podczas pracy.

2. KONCEPCJA SILNIKA SYNCHRONICZNEGO ŚREDNIEJ MOCY Z MAGNESAMI TRWAŁYMI

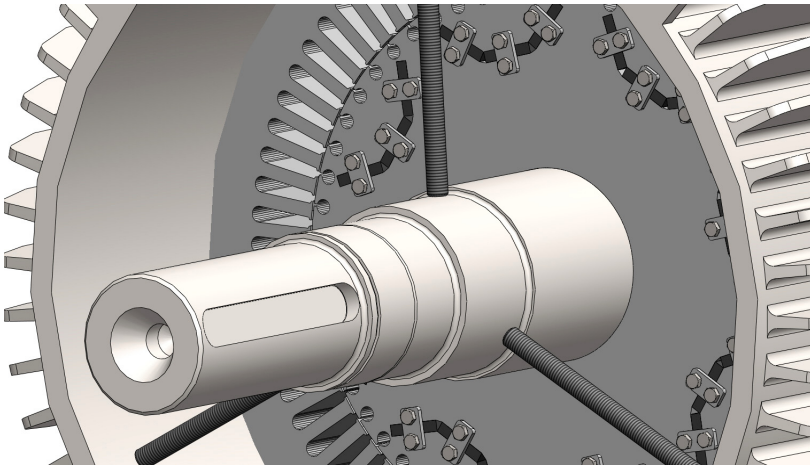
Zaprojektowano silnik synchroniczny średniej mocy (110 kW, 750 obr/min) z magnesami trwałymi. W zaproponowanej konstrukcji rozwiązano zarówno problem rozruchu jak i problem montażu wirnika z magnesami w silniku [2, 3]. Przekrój blachy stojana przedstawiono na rysunku 1.

Proponowana konstrukcja silnika bazuje na konstrukcji silnika indukcyjnego. W wirniku zamiast odlewanej klatki zastosowano klatkę wykonaną z prętów spawanych do pierścieni zwierających. Po zespawaniu klatki zostaną zamontowane magnesy trwałe. Konstrukcję wirnika będzie tworzył wał z osadzonym pakietem blach wirnika. Blachy wirnika oprócz zębów przeznaczonych dla prętów klatki tłumiącej, będą zawierać prostokątne otwory na magnesy trwałe. Na wirniku zostaną zamontowane i zabezpieczone przed wysunięciem magnesy trwałe. Taki sposób montażu wirnika wyklucza możliwość przegrzania magnesów trwałych podczas spawania klatki oraz zapewnia możliwość demontażu magnesów.

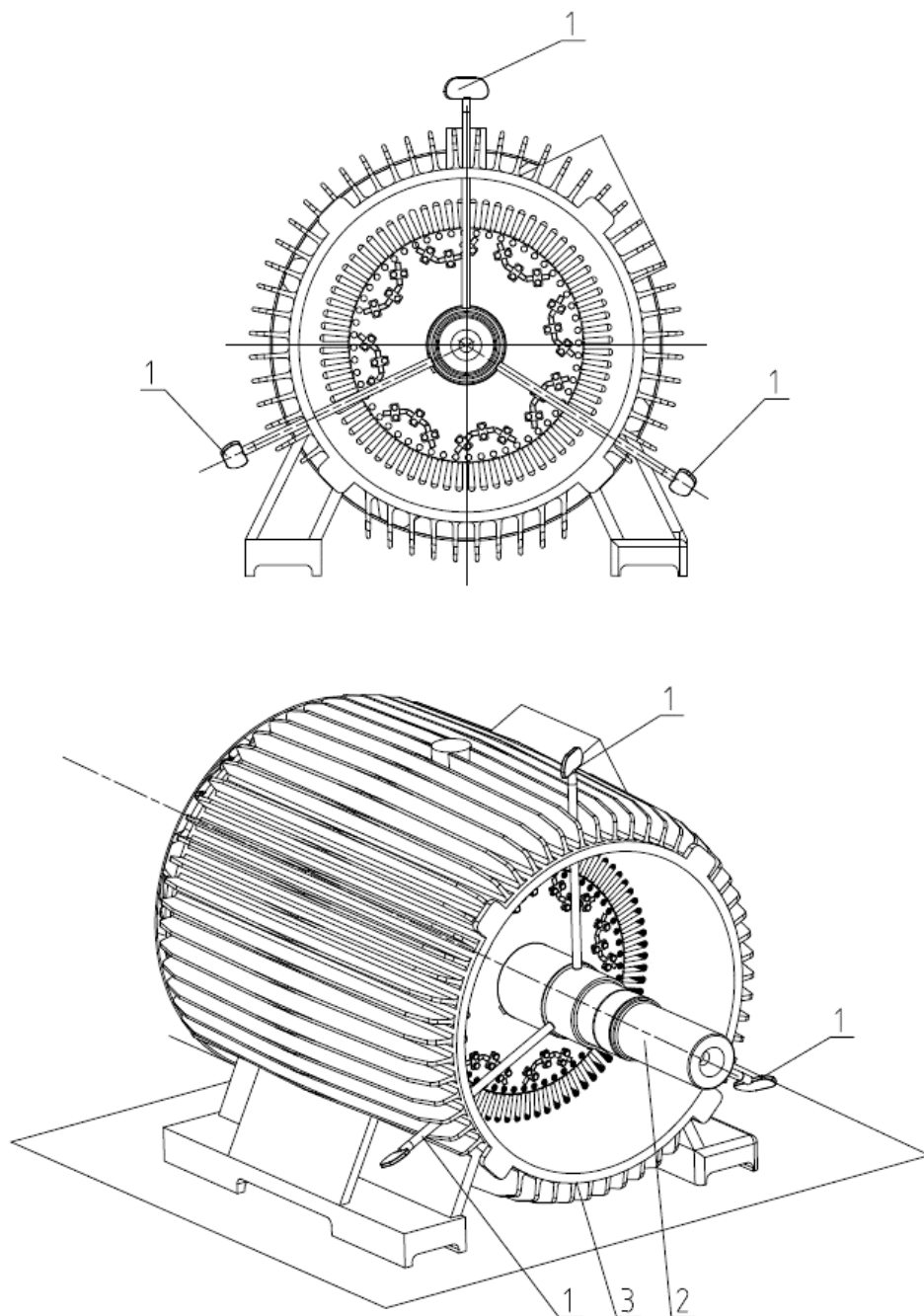
Sposób montażu wirnika w silniku polega na przykręceniu do kadłuba tarczy łożyskowej od strony przeciwnapędowej, następnie do stojana jest wkładany wirnik. Za pomocą śrub ustalających zostanie wykonane centrowanie wirnika w celu uzyskania równomiernej szczeliny powietrznej. Prawidłowe ustawienie wirnika umożliwi montaż drugiej tarczy łożyskowej od strony napędowej. Widok zmontowanego silnika przedstawiono na rysunkach 2 oraz 3.



Rys. 1. Rysunek blachy stojana
Fig. 1. Stator sheet drawing



Rys. 2. Montaż wirnika – model przestrzenny
Fig. 2. Rotor assembly – spatial model



Rys. 3. Montaż wirnika: 1) śruba centrująca, 2) wał, 3) kadłub
 Fig. 3. Rotor assembly: 1) centering screw, 2) shaft, 3) machine frame

PODSUMOWANIE

Zastosowanie magnesów trwałych w maszynach elektrycznych prądu przemiennego umożliwia podwyższenie ich sprawności względem maszyn synchronicznych z uzwojeniem wzbudzenia oraz maszyn asynchronicznych. W porównaniu z maszynami synchronicznymi z klasycznym wzbudzeniem, maszyny z magnesami trwałymi nie wymagają zasilania uzwojenia wzbudzenia co oznacza brak strat w obwodzie wzbudzenia. Natomiast w porównaniu z maszynami asynchronicznymi silniki synchroniczne z magnesami trwałymi mają również większy współczynnik mocy.

Opracowana koncepcja silnika średniej mocy z magnesami trwałymi skutecznie rozwiązuje istotne problemy konstrukcyjne i technologiczne. Zastosowanie falownika do zasilania uzwojenia stojana zapewnia właściwy rozruch i regulację prędkości obrotowej. Montaż magnesów trwałych dopiero po zamontowaniu wirnika w maszynie jest technologicznie wykonalny. Zapewniają to zaprojektowane przyrządy montażowe.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2010–2013 jako projekt badawczy POIG.01.01.02-00-113/09.

LITERATURA

- [1] HARAGUCHI H., MORIMOTO S., SANADA M., *Suitable design of a PMSG for a large-scale wind power generator*, Energy Conversion Congress and Exposition, 2009, ECCE 2009, IEEE Digital Object Identifier: 10.1109/ECCE.2009.5315965, 2009, pp. 2447–2452.
- [2] KISIELEWSKI P., *Sposób montażu silnika z magnesami trwałymi oraz przyrząd do montażu i demontażu magnesów trwałych w maszynach synchronicznych dużej mocy*. Zgłoszenie patentowe nr P392813 z dnia 2010.11.02.
- [3] KISIELEWSKI P., *Sposób montażu wirnika z magnesami trwałymi w silniku synchronicznym średniej mocy*. Zgłoszenie patentowe nr P394662 z dnia 2011.04.22.
- [4] ZAWILAK T., ANTAL L., *Dwubiegowy silnik synchroniczny z magnesami trwałymi*, Przegląd Elektrotechniczny, 2006, R. 82, nr 11, s. 61–63.
- [5] ZAWILAK T., *Dwubiegowy silnik synchroniczny z magnesami trwałymi o stosunku prędkości obrotowych 2:3*. XLIII International Symposium on Electrical Machines. SME 2007, Conference proceedings, Poznań, Poland, July 2–5, 2007, s. 121–124.

MEDIUM POWER PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS MOTOR FOR INVERTER FEED

The paper presents structure and assembly conception of medium power permanent magnet synchronous motor for inverter feed. Article show problems mounting and working problems. Advantages of using permanent magnets in synchronous motors are shown.