

KIERUNKI ROZWOJU TECHNOLOGII THINGAP

Przedstawiono wyniki badań wydrążonych maszyn elektrycznych z magnesami trwałymi. Zaleta takich maszyn polega na wysokiej sprawności i dynamice oraz wysokim stosunkiem mocy wyjściowej do ciężaru. Bezszcotkowy silnik wykonano według bezrdzeniowej technologii i wykorzystano bilateralne ułożenie magnesów trwałych w obwodzie wzbudzenia. Uzwojenia trójfazowe wykonano zgodnie z specjalną technologią. Zaproponowano sposoby konstruowania wydrążonych maszyn elektrycznych o konfiguracji cylindrycznej z bezrdzeniowym stojanem. Wyniki badań stanowią podstawę do opracowania maszyn elektrycznych o lepszych momencie i sprawności oraz mniejszej masie.

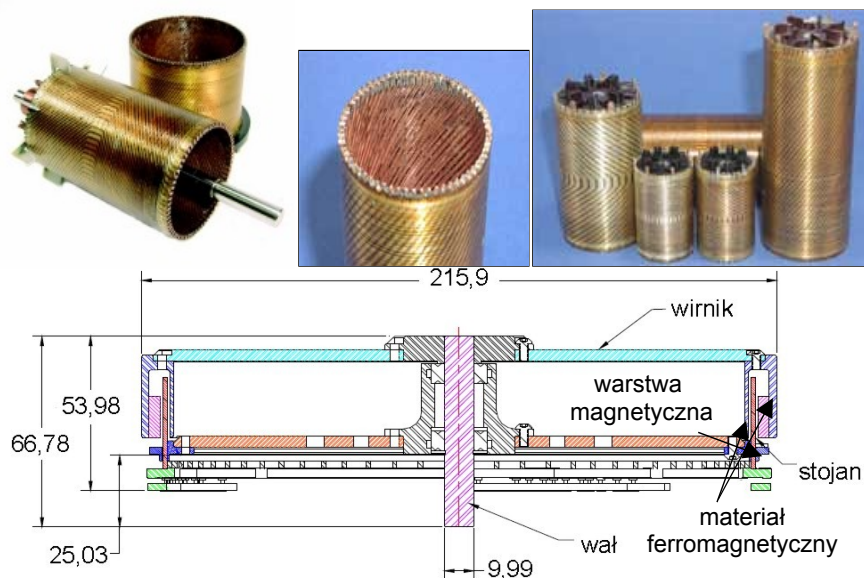
1 WSTĘP

Podniesienie sprawności elektromechanicznych przetworników energii elektrycznej (EMPE) jest ważne, ponieważ silniki elektryczne są głównym konsumentem energii elektrycznej [1]. Poprawienie ich sprawności o kilka procent pozwoliłoby ograniczyć koszt energii, oraz ograniczyć emisję szkodliwych gazów cieplarnianych. W skali globalnej oznaczałoby to duże oszczędności oraz miliony ton mniej dwutlenku węgla w atmosferze. Firmą, która postanowiła się zmierzyć z problemem sprawności maszyn elektrycznych jest między innymi ThinGap Copr. [2]. Referat poświęcono rozwojowi technologii ThinGap do konstruowania i budowy nowoczesnych maszyn elektrycznych z podwyższoną wartością energii magnetycznej w jednostce objętości.

2 TECHNOLOGIA THINGAP

Firma ThinGap rozwinęła i skomercjalizowała nową technologię z zamiarem polepszenia osiągnięć silników elektrycznych [2]. Wywarła także presję na innych producentów, by te mogły osiągać wyższą sprawność oraz większy współczynnik mocy do masy. Firma wykorzystuje własne narzędzia do produkcji poszczególnych komponentów i proces produkcyjny jest wyjątkowy. Zapewnia dużą precyzję wykonania, co jest wymagane dla osiągnięcia niedużej szczeliny powietrznej dla maksymalizowania gęstości strumienia magnetycznego. Silniki nie mają pakietu blach stalowych ani żłobków, co eliminuje moment zaczepowi, straty w żelazie i wiele innych niepożądanych zjawisk. Technologia ta (rys. 1) znajduje zastosowanie wszędzie tam, gdzie potrzebny jest niewielki napęd o dużej gęstości mocy i dużej sprawności, osiągającej ponad 90%. Zaproponowana struktura uzwojeń sterowania ma bardzo małą rezystancję, co znacznie zmniejsza straty w miedzi. Poprzez zastąpienie nieruchomych blach stalowych wirującymi pierścieniami z litej stali wyeliminowano straty

histerezy. Wyeliminowanie żłobkowanych laminatów z blachy pozwoliło na zredukowanie negatywnego magnetycznego oddziaływania. Dzięki temu wyeliminowano skoki wirnika, co zminimalizowało pulsacje prędkości i momentu. Poprzez wyeliminowanie żłobków i pakietów z blachy ograniczono harmoniczne momentu i napięcia.



Rys. 1. Przykłady technologii ThinGap

Dodatkowo w elementach żelaznych nie ma zmiennego pola magnetycznego i stąd nie ma generowanego hałasu. Jedyne wykrywalny hałas pochodzi od łożysk, zawirowań powietrza wokół stojana i wibracji przez niesinusoidalne prądy. Zaproponowane konstrukcje cechują się wysoką dynamiką w każdym zakresie prędkości, posiadają dokładny kształt napięcia indukowanego, niski poziom harmonicznych napięcia z powodu precyzyjnego ułożenia elementów w cewce i naturalnego wygładzania gęstości strumienia magnetycznego w szczelinie powietrznej. W ten sposób może być osiągnięty stały moment, niezależny od kąta położenia wirnika. Chłodzenie w zaproponowanych konstrukcjach jest bardzo efektywne, ponieważ zarówno wokół zewnętrznej jak i wewnętrznej powierzchni nieruchomego stojana swobodnie przepływa powietrze.

3 KIERUNKI ROZWOJU TECHNOLOGII THINGAP

Zaproponowane kierunki rozwoju technologii ThinGap polegają na budowie dwustronnych obwodów magnetycznych, specjalnym kształtowaniu uzwojeń sterowania i zastosowaniu określonej technologii montażu.

Przedstawiono sposoby wykonania poszczególnych cewek, etapy tworzenia układu trójfazowego oraz technologia składania stojana mogą posłużyć jako wskazówki do procesu produkcyjnego.

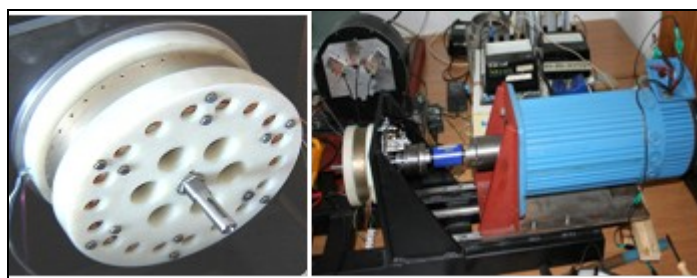
Zaprojektowano oraz zbudowano stanowisko badawcze, na którym przeprowadzono

szereg pomiarów parametrów eksploatacyjnych silnika typu BLDC. Elementy konstrukcyjne EMPE pokazano na rys. 2.



Rys. 2. Elementy konstrukcyjne EMPE

Konstrukcję EMPE podczas badań eksperymentalnych pokazano na rys. 3.



Rys. 3. Konstrukcja EMPE podczas badań eksperymentalnych

Ponieważ w EMPE powstają tylko straty omowe, sprawność silnika jest bardzo wysoka, powyżej 95%. Na podstawie porównania wyników badań eksperymentalnych i teoretycznych stwierdzono dużą zbieżność wyników, co potwierdza adekwatność modeli matematycznych i przyjętych założeń upraszczających. Obliczono rozkład indukcji magnetycznej w szczelinie powietrznej w poszczególnych modelach silników cylindrycznych z wykorzystaniem dwu- i trójwymiarowych metod polowych opartych na metodzie elementów skończonych. Przedstawiono sposoby podwyższenia indukcji w szczelinie powietrznej EMPE nowego typu z koncentratorami pola magnetycznego.

4 WNIOSKI

Proponowane struktury EMPE posiadają wysoką gęstość mocy. Wyeliminowanie strat od prądów wirowych i histerezy zwiększyło moc na wale i sprawność maszyny. Sprawność silnika została poprawiona, gdyż nie zastosowano ani tradycyjnych nawijanych uzwojeń, ani pakietów z blach stalowych, które odpowiedzialne są za straty od prądów wirowych i histerezy, a więc i za obniżenie sprawności i mocy wyjściowej. Ponadto, cewki uzwojeń sterowania, stanowiące twornik w EMPE, mają bardzo małą rezystancję, co znacznie zmniejsza straty w miedzi. Poprzez zastąpienie nieruchomych blach stalowych wirującymi pierścieniami z litej stali wyeliminowano straty histerezy. Kiedy żłobkowane laminaty z blachy przestały być konieczne, magnetyczne oddziaływanie, które powodowały, przestało mieć miejsce. Te cechy faktycznie wyeliminowały skoki wirnika, co zminimalizowało pulsacje prędkości i momentu. Wszystkie części żelazne wirują wraz z magnesami, stąd moment zaczepowy zanika, a pulsacje momentu zostają zminimalizowane. Z powodu braku żelaza w tworniku nie ma oddziaływania magnetycznego pomiędzy wirnikiem a stojanem, co jest szczególnie istotne w zastosowaniach, gdzie stabilność prędkości wirnika jest bardzo ważna. Na dodatek w elementach żelaznych nie ma zmiennego pola magnetycznego i stąd nie ma generowanych dźwięków. EMPE szybko reagują na sygnały w każdym zakresie prędkości, mają niski poziom harmonicznych napięcia z powodu precyzyjnego ułożenia elementów w cewkach sterowania i wygładzania gęstości strumienia w szczelnie powietrznej. W ten sposób osiągnięto stały moment niezależny od kąta położenia wirnika. Ta zaleta jest niezwykle przydatna w wolnoobrotowych aplikacjach oraz w maszynach do precyzyjnej obróbki powierzchni, gdzie konieczna jest wysoka dokładność sterowania ruchem. Chłodzenie w silnikach jest bardzo efektywne.

5 LITERATURA

1. Afonin A. A., Gieras J., Szymczak P., *Permanent magnet brushless motors with innovative excitation systems*, Proc. 6th Intern. Conf. on Unconventional Electromechanical and Electrical Systems UEES'04. Alushta, Ukraine, September 24-29, 2004, Vol. 1, pp. 27-38.
2. <http://www.thingap.com/news/articles/pr052306.htm>

TRENDS OF THINGAP TECHNOLOGY DEVELOPMENT

The investigation results of permanent magnet hole cylindrical-type electrical machines have been presented. Advantage of this motor will be high efficiency, dynamics of movement and high power to weight ratio. Design brushless motor is made in coreless technology and use bilateral disposition of permanent magnets in the excitation chains. Three phase windings are produced according to special technology. The way of hole cylindrical-type electrical machines design with smooth stator windings has been proposed. The research results are base for design of hole cylindrical-type electrical machines with better electromagnetic torque and efficiency as well as lesser mass.