

Piotr PAPLICKI¹

SILNIK MAGNETOELEKTRYCZNY Z PŁASKIMI MAGNESAMI W UKŁADZIE DWUWARSTWOWYM W KONCEPCJI PĘDNIKA TUNELOWEGO MAŁEJ MOCY DO NAPĘDÓW PODWODNYCH

Artykuł prezentuje wykorzystanie płaskich magnesów przy tworzeniu skutecznych obwodów magnetycznych silnika magnetoelektrycznego o strukturze cylindrycznej w układzie dwuwarstwowym do napędu pędnika ok. 500 W i prędkości obrotowej 1000 obr/min. Na podstawie wyników badań symulacyjnych wyznaczono parametry eksploatacyjne silnika magnetoelektrycznego z magnesami płaskimi, które porównano z silnikiem z magnesami promieniowymi. Przedstawiono nową koncepcję konstrukcji pędnika tunelowego, zalet, wady oraz przykłady możliwych zastosowań w elektrotechnice morskiej.

1 WSTĘP

Poszukiwania innych niż konwencjonalne systemów napędowych, umożliwiających sprawniejsze wykorzystywanie energii elektrycznej jednostek pływających, zwłaszcza autonomicznych, zasilanych z własnych źródeł, wytaczają nowe kierunki w rozwoju pędników z napędem elektrycznym. Znaczącą rolę w tym procesie zaczynają odgrywać silniki z magnesami trwałymi, których wysoka sprawność, cicha praca oraz bardzo dobre parametry regulacyjne są obiektem intensywnych badań i prób wdrożenia nowych typów napędów przez światowe koncerny.

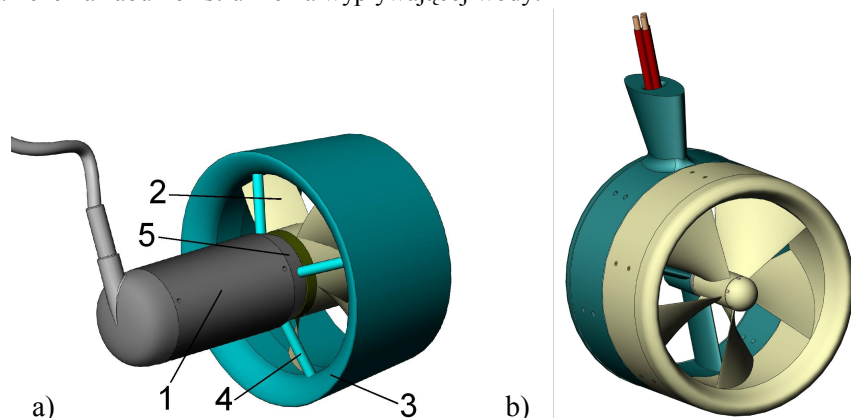
Jednym z perspektywicznych rozwiązań jest projekt napędu wykorzystujący zastosowanie magnesu trwałego w pierścieniu pędnika, opracowany przez norweski SmartMotor, pod nazwą pędnika wieńcowego (Rim Thruster). Technologia wytwarzania tego typu napędu pochodzi od firm specjalizujących się w technikach podwodnych, co świadczy, że została opracowana z myślą o okrętach głębinowych.

W ślad za tą myślą konstrukcyjną, w połączeniu z nową wiedzą na temat maszyn elektrycznych z magnesami trwałymi, możliwe staje się opracowanie nowego typu pędnika tunelowego do napędów podwodnych.

¹ Politechnika Szczecińska, Instytut Elektrotechniki, Zakład Urządzeń Elektrycznych i Elektrotechniki Morskiej, ul. Sikorskiego 37, 70-313 Szczecin, tel.: (091) 449-45-45; e-mail: paplicki@ps.pl

2 KONCEPCJA PĘDNIKA TUNELOWEGO MAŁEJ MOCY DO NAPĘDÓW PODWODNYCH

Współczesne, komercyjne, rozwiązania konstrukcyjne pędników z napędem elektrycznym małej mocy (rys.1a.) głównie opierają się na przekazaniu momentu obrotowego od centralnie umieszczonego wewnątrz obudowy (1) silnika na łopatkę (2), najczęściej poprzez sprzęgła magnetyczne. W tego typu rozwiązaniu często stosowane są cylindryczne, żłobkowe silniki z magnesami trwałymi o prędkości obrotowej rzędu kilku tysięcy, które zapewniają pożądany poziom mocy przy jego małych gabarytach. W celu redukcji prędkości obrotowej łopatek do ok. 1000 obr/min niezbędne jest użycie przekładni mechanicznej, co wpływa na obniżenie sprawności, niezawodności oraz zwiększenie wibracji i hałasu. Dodatkowym elementem konstrukcyjnym jest tunel (3), mocowany na rozpórkach (4), służących do podtrzymania piasty (5), który pełni funkcję ograniczenia zaburzeń strumienia wypływającej wody.

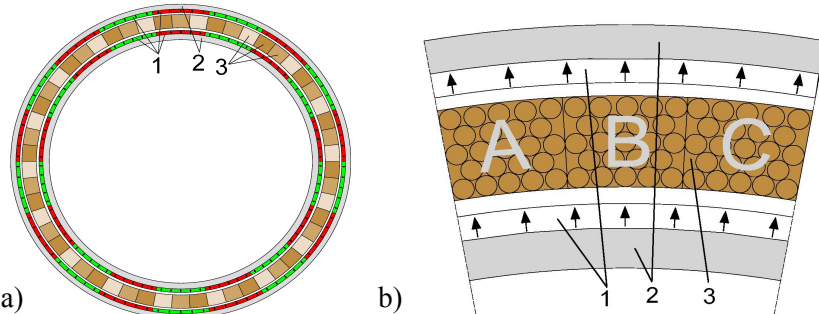


Rys.1. Widok pędnika: a) o mocy 500 W -a); b) tunelowego w nowej koncepcji -b)

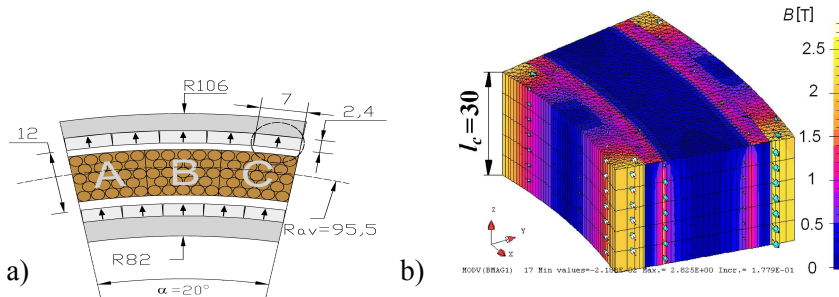
Możliwość potencjalnego wykorzystania objętości tunelu na przestrzeń, w której będzie dokonywane przetwarzanie energii elektrycznej w mechaniczną, staje się możliwe dzięki cienkowarstwowym strukturom maszyn z magnesami trwałymi typu cylindrycznego. Koncepcję nowego pędnika tunelowego pokazano na rys.1b.

Struktura przybiera formę pierścienia (rys.2a.), w której dwustronne warstwy magnetyczne z magnesami trwałymi (1) i jarzmami stalowymi (2) rozdzielono szczeliną roboczą, gdzie rozmieszczono 3-fazowe uzwojenia twornika (3). Magnesy o kształcie wycinka pierścienia magnesowane są w kierunku promieniowym (rys.2b) o wymiarach wynikających z założeń geometrycznych struktury i wymaganych parametrów elektromagnetycznych silnika. Wynikiem tego dobór odpowiednich magnesów trwałych o różnych niezarmonizowanych kształtach staje się kłopotliwy. Rozwiązaniem tego problemu będzie zastosowanie płaskich magnesów o typowych wymiarach.

Na rysunku 3a przedstawiono wymiary jednego bieguna (1/18 część struktury obwodu magnetycznego silnika), w którym zastosowano płaskie magnesy o wymiarach 7x2,4 mm na części zewnętrznej wirnika oraz 6x2,4 mm na części wewnętrznej. Długość magnesów wynosi 30mm i wyznacza długość części czynnej maszyny l_c .



Rys.2. Przekrój struktury obwodu magnetycznego silnika z magnesami promieniowymi -a); wycinek bieguna -b)



Rys.3. Przekrój struktury obwodu magnetycznego bieguna silnika z magnesami płaskimi -a); rozkład pola magnetycznego w modelu silnika z magnesami płaskimi -b)

3 BADANIA SYMULACYJNE

W celu wyznaczenia momentów elektromagnetycznych T , rozkładu indukcji pola magnetycznego B oraz procentowe straty rozproszenia magnesów $\phi_m\%$ opracowano trójwymiarowy model połowy (program Flux 3D) struktury silnika z magnesami płaskimi (rys. 3b) oraz z magnesami promieniowymi o parametrach: $B_r = 1,44$ T, $\mu_r=1,028$. Wyniki badań zestawiono tabeli 1. Średnia wartość składowe promieniowej (użytecznej) indukcji magnetycznej B_{rav} wyznaczona została na promieniu średnim $R_{av} = 95,5$ mm. Moment elektromagnetyczny działający na wirnik obliczono na podstawie symulacji przy założeniu gęstości prąd w uzwojeniach twornika $j = 5$ A/mm².

Tab. 1. Wyniki badań symulacyjnych silnika z magnesami płaskimi i promieniowymi

magnesy	B_{rav} [T]	$\phi_m\%$ [%]	T [Nm]
płaskie	0,3	38,5	6,85
promieniowe	0,3	45,0	6,5

Procentowe straty rozproszenia magnesów wyznaczono wg zależności 1, gdzie: ϕ_{rav} – średnia wartość strumienia przechodzącego przez magnesy, ϕ_δ - strumień magnetyczny przechodzący przez płaszczyznę pośrodku szczeliny powietrznej na promieniu R_{av} .

$$\phi_{m\%} = \left(\frac{\phi_{mav} - \phi_{\delta}}{\phi_{mav}} \right) \cdot 100\% \quad (1)$$

4 WNIOSKI

Zastosowanie magnesów płaskich w obwodzie wzbudzenia maszyny nie wpływa na zmniejszenie pola magnetycznego w szczelinie powietrznej, w porównaniu z magnesami promieniowymi, natomiast powoduje zmniejszenie strumienia rozproszenia o 6,5 %. Skutkiem tego jest wzrost momentu elektromagnetycznego. Jednak ze względu na stosunkowo dużą szczelinę powietrzną istnieje znaczne rozproszenie pola magnetycznego.

Proponowana koncepcja śmigła tunelowego z zastosowaniem podwójnej warstwy magnetycznej umożliwia osiągnięcie założonej mocy 500W napędu już przy 700 obr/min. Ponadto brak przekładni mechanicznej, zalety struktur bezrdzeniowych silników oraz dobre parametry hydrodynamiczne śmigła mogą wpłynąć na zwiększenie niezawodności, sprawności oraz polepszenie charakterystyk wibroakustycznych napędu.

Koncepcja śmigła może mieć zastosowanie w małych aparatach podwodnych, batyskafach, obiektach specjalnego przeznaczenia o wysokich wymaganiach technicznych.

5 LITERATURA

1. Bibik V. – Rolls-Royce Introduces New Technology – World maritime News; Nov 16, (2005)
2. Paplicki P.: Configurations of slotless permanent magnet motors with counter-rotating rotors for ship propulsion drives. Przegląd Elektrotechniczny, nr11 str. 121-123, 2007.
3. Szmit E.: Nowe oczekiwania – rozwój technologii. Podsumowanie roku 2005. Biuletyn Informacyjny PRS S.A., Grudzień (2005)

CONCEPTION OF LOW POWER TUNNEL PROPELLER WITH DOUBLE LAYER PLANAR MAGNETS PM MACHINE

This paper presents using planar permanent magnets to constructing effective magnetic circuit in dual layer cylindrical type of PM machines for low power propeller drive. On the basis of simulation results parameters of machines with planar magnets in comparison with radial ones were fixed. New construction solutions, benefit, disadvantage and application at tunnel propeller drive are presented.