

Nr 98/2017, 50–56
ISSN 1644-1818
e-ISSN 2451-2486

ELEKTRYCZNE PĘDNIKI WIEŃCOWE

RIM-DRIVEN THRUSTERS

Witold Gierusz

Akademia Morska w Gdyni, Morska 81–87, 81-581 Gdynia, Wydział Elektryczny,
Katedra Automatyki Okrętowej, e-mail: w.gierusz@we.am.gdynia.pl

Streszczenie: W pracy przedstawiono nowy rodzaj pędników okrętowych mogących mieć różnorodne zastosowania na jednostkach pływających: od sterów tunelowych poprzez pędniki manewrowe po napęd główny. Kolejno opisano historię powstania pędnika, jego odmiany i konstrukcję oraz przedstawiono cechy charakterystyczne takiego napędu, w zakończeniu pokazując przykładowe rozwiązania fabryczne.

Słowa kluczowe: napęd statku, pędnik rim-driven, właściwości eksploatacyjne, rozwiązania fabryczne.

Abstract: A new concept of the marine thrusters are presented. The history of the product is shown at the beginning. The construction of the thruster and the exploitation characteristics are described later. The commercial products offered by a few firm are presented in the final part of the paper with the short description of the first ship with the rim-driven thruster as a main propulsion system.

Keywords: ship propulsion, rim-driven thruster, exploitation characteristics, commercial products.

1. WSTĘP

Pędniki wieńcowe są stosunkowo nowym rozwiązaniem w obszarze elektrycznych napędów okrętowych. Przyjmuje się, że ich początki sięgają końca XX wieku. Według niektórych źródeł [PRS 2006] technologię tę opracowano w zakładach Rolls-Royce'a w Ulsteinvik w Norwegii przy współdziałaniu norweskiej firmy SmartMotor z Trondheim. Inne źródła [Bao-wei, You-jiang, i Wen-long Tian 2011] wiążą początki tych pędników z pracami prowadzonymi na uniwersytecie w Southampton. Badacze z Instytutu Kryłowa w St. Petersburgu [Yakovlev, Sokolov i Marinich 2011] twierdzą, że tego typu rozwiązania były stosowane już w połowie XX wieku na radzieckich statkach „Walerij Czkałow” i „Rodina”, zbudowanych w stoczniach niemieckich.

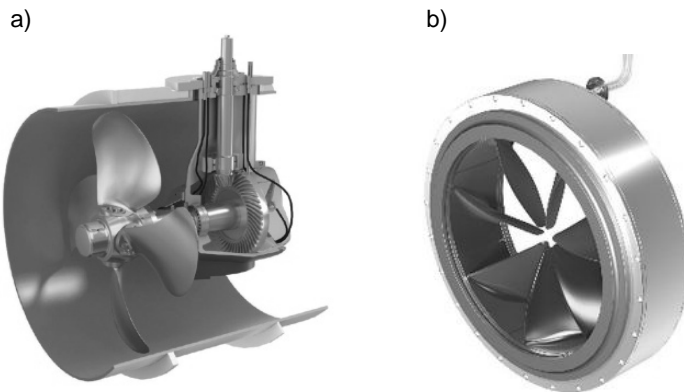
Powszechnie spotyka się trzy anglojęzyczne nazwy tych urządzeń:

- *Rim-Driven Thruster* (RDT);
- *Integrated Motor Propeller* (IMP);
- *Schottel Rim Thruster* (SRT).

Pędnik wieńcowy można traktować jako zintegrowany układ zawierający w "jednej obudowie" elementy elektryczne, mechaniczne i hydrodynamiczne.

2. KONSTRUKCJA PĘDNIKA

Idea budowy tego urządzenia polega na "odwróceniu" miejsca instalacji śruby napędowej lub tylko łopatek i urządzenia napędzającego – silnika elektrycznego lub wału napędowego. W klasycznym pędniku, np. sterze tunelowym lub pędniku gondolowym, silnik – wał napędowy jest "w środku", "wokół" głównej osi obrotu śruby, a śruba napędowa – płyty "na zewnątrz". W pędniku wieńcowym silnik jest "na zewnątrz" w pierścieniu, a śruba napędowa "w środku" przy osi obrotu (rys. 1).

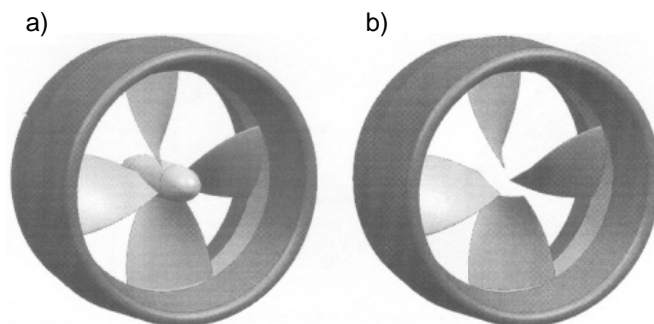


Rys. 1. Pędnik: a) klasyczny ster tunelowy napędzany wałem z silnikiem umieszczonym w kadłubie [Ship thruster], b) pędnik wieńcowy [Schottel]

Fig.1. Thruster: a) the conventional tunnel thruster on the left hand side [Ship thruster], b) the rim-driven thruster on the right hand side [Schottel]

Spotyka się dwie odmiany pędnika wieńcowego (rys. 2):

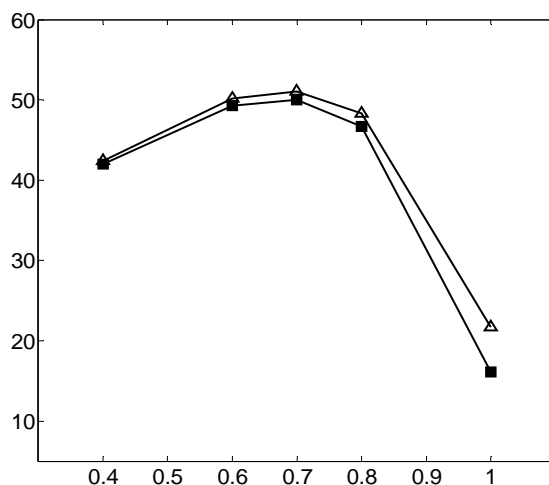
- z piastą (*hub-type thruster*);
- bez piasty (*hubless thruster*).



Rys. 2. Pędnik wieńcowy: a) z piastą, b) bez piasty
[Bao-wei, You-jiang i Wen-long Tian 2011]

Fig. 2. Thruster: a) hub-type thruster, b) the hubless
[Bao-wei, You-jiang i Wen-long Tian 2011]

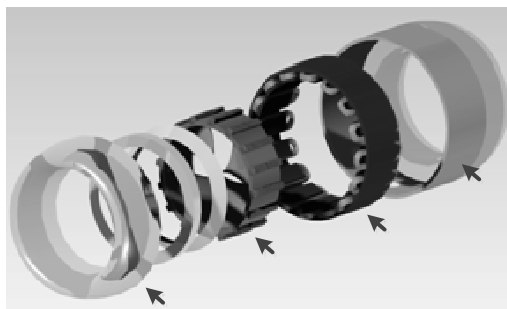
Wszeczhronne badania porównawcze obu odmian pędnika zamieszczone w pracy [Bao-wei, You-jiang, i Wen-long Tian 2011] wykazały, że mają one zbliżone właściwości eksploatacyjne, aczkolwiek pędnik z piastą wymaga bardzo starannego projektowania, biorąc pod uwagę wzajemne wymiary piasty i całego tunelu pędnika. Pędnik ten ma też nieco większe opory ruchu (rys. 3).



Rys. 3. Porównanie (w %) efektywności pędników tej samej wielkości: z piastą (kwadraty), bez piasty (trójkąty), dla różnych wartości współczynnika posuwu
[Bao-wei, You-jiang i Wen-long Tian 2011]

Fig. 3. The comparison of the effectiveness of both thrusters: hub-type one (squares), hubless one (triangles), for different values of the advance coefficient
[Bao-wei, You-jiang i Wen-long Tian 2011]

W pędniku wieńcowym powszechnie stosuje się silniki synchroniczne z magnesami trwałymi o konstrukcji z promieniowym przepływem strumienia magnetycznego (*radial-flux PM motor*) (rys. 4).



Rys. 4. Elementy składowe pędnika wieńcowego [Budowa pędnika]

Fig. 4. The parts of the rim-driven thruster [Construction of thruster]

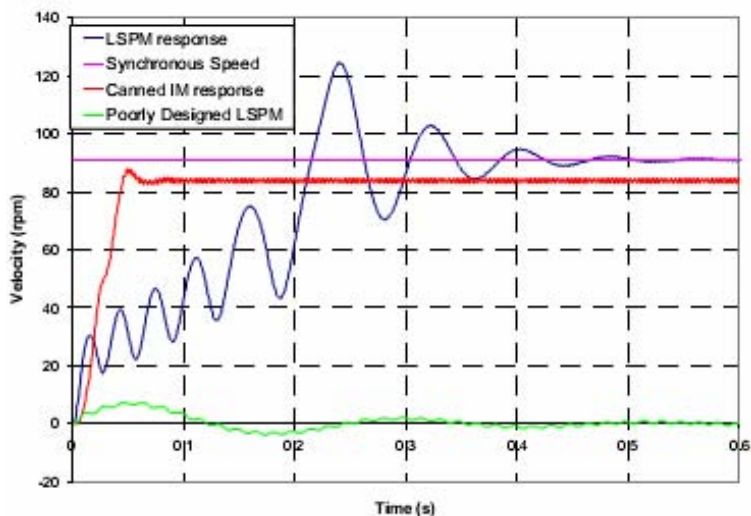
3. WŁAŚCIWOŚCI PĘDNIKA

Pędniki wieńcowe charakteryzują się bardzo cennymi, z punktu widzenia użytkownika, następującymi właściwościami:

- **Bardzo zwarta budowa.** Brak gondoli i wsporników zmniejsza opory przepływu wody przez pędnik i zapobiega niekontrolowanemu przepływowi wody pomiędzy łopatkami śruby a ścianami tunelu. Możliwy jest montaż i demontaż pędnika (lub tylko poszczególnych łopatek) pod wodą bez konieczności dokowania statku. Silnik elektryczny jest integralną częścią pędnika, więc nie potrzeba żadnego dodatkowego miejsca w kadłubie na elementy pędnika (poza kablami zasilającymi).
- **Zalety eksploatacyjne.** Pędnik jest praktycznie bezobsługowy z uwagi na smarowanie łożysk wodą morską i brak zasilania elektrycznego wirnika. Dzięki wyeliminowaniu gondoli wytwarzany napór jest symetryczny w obu kierunkach, a zmiana kierunku pracy jest bardzo szybka. Pędnik charakteryzuje się niskim poziomem hałasu, drgań i wibracji, dzięki czemu nadaje się szczególnie na jednostki przewożące pasażerów (wycieczkowce, promy itp.).
- **Elastyczność zastosowań.** Pędnik ten może być używany jako klasyczny tunelowy ster strumieniowy, jako napęd główny jednostki lub jako wysuwany napęd pomocniczy.

Pewną wadą opisywanych pędników jest ich rozruch, a dokładnie pulsowanie prędkości obrotowej podczas rozruchu. Rysunek 5 przedstawia ten proces dla silnika synchronicznego typu LSPM (*Line-Start Permanent Magnet*) używanego

w pędnikach wieńcowych (linia niebieska) oraz silnika indukcyjnego (linia czerwona). Przebieg zielony obrazuje niebezpieczeństwo złego zaprojektowania silnika LSPM.



Rys. 5. Porównanie rozruchu silnika synchronicznego z magnesami trwałymi i silnika indukcyjnego [Power Conversion Group]

Fig. 5. The comparison of the starting process of the LSPM synchronous motor and the induction one [Power Conversion Group]

4. PRZYKŁADOWE ROZWIĄZANIA FABRYCZNE

Kilka firm na świecie oferuje dzisiaj pędniki wieńcowe, są to m.in. Schottel GmbH, Brunvoll, Van Der Velden. Przykładowo Brunvoll oferuje serię pędników o zróżnicowanej wielkości i mocy (od 200 do 900 KW) (rys. 6).



Rys. 6. Seria pędników wieńcowych firmy Brunvoll (oznaczenie liczbowe pędnika określa jego średnicę w mm) [Brunvoll]

Fig. 6. The rim-driven thruster serie from Brunvoll [Brunvoll]

Zwarta konstrukcja pędnika wieńcowego zaowocowała ciekawymi rozwiązaniami chowanych, obrotowych napędów okrętowych, np. firmy Van der Velden [Van der Velden]. Swego rodzaju ukoronowaniem wstępnego etapu wprowadzania pędników wieńcowych na morze było przebudowanie w 2011 roku pierwszej jednostki z takim pędnikiem jako napędem głównym, norweskiego promu m/f „Eiksund” (rys. 7).



Rys. 7. Norweski prom m/f „Eiksund”, o długości 49 m i pojemności 28 samochodów, wyposażony w napęd główny w postaci pędnika wieńcowego [M/f „Eiksund”]

Fig. 7. The Norwegian ferry m/f „Eiksund” 49 m long with capacity of 28 cars, equipped with rim-driven thruster as a main propulsion unit [M/f „Eiksund”]

5. PODSUMOWANIE

Pędniki wieńcowe stanowią ciekawą alternatywę dla dotychczas stosowanych napędów okrętowych. Dzięki swoim zaletom: zwartej budowie, łatwej eksploatacji, redukcji szumów, drgań i wibracji, symetrycznemu naporowi w obu kierunkach działania znajdują coraz szersze zastosowanie jako pędniki pomocnicze (stery tunelowe, pędniki obrotowe) lub napędy główne. Duża średnica stojana i wirnika umożliwia wykonanie konstrukcji wolnoobrotowej (wiele par biegunów), szczególnie korzystnej w zastosowaniach napędów morskich.

LITERATURA

Bao-wei, You-jiang, Wen-long Tian, 2015, *Open Water Performance Comparison between Hub-Type and Hubless Rim Driven Thrusters Base on CFD Method*, Ocean Engineering, vol. 103, s. 55–63.

Brunvoll, *Complete Thruster Systems, materiały informacyjne i ofertowe*, <http://www.brunvoll.no/product/the-complete-thruster-system/rim-driven-thrusters-rdt>.

Budowa pędnika, <http://forum.openrov.com/t/brushless-motors/32>.

M/f „Eiksund”, <http://www.nortrade.com/sectors/news/the-first-ship-ever-with-azimuth-rim-driven-thrusters-to-be-put-into-commercial-service/>.

Polski Rejestr Statków, 2006, Biuletyn Informacyjny nr 2/258, Gdańsk.

Power Conversion Group, University of Manchester, *Rim Driven Marine Thrusters*, epsassets.manchester.ac.uk/medialand/eee/pdf/pgr/PTuohy.pdf.

Schottel, *Materiały informacyjne i ofertowe*, <http://www.schottel.de/fr/nouvelles-evenements/nouvelles/news-detail/>.

Ship thruster, <http://www.nauticexpo.com/prod/>.

Van der Velden, *Rim Driven Thrusters, materiały informacyjne i ofertowe*, <http://www.vdvelden.com/products/product/rim-drive-thruster-srt.html>.

Yakovlev, A.Y., Sokolov, M.A., Marinich, N.V., 2011, *Numerical Design and Experimental Verification of a Rim-Driven Thruster*, Second International Symposium on Marine Propulsors, Hamburg, Germany, s. 396–403.