Scientific Journals
Maritime University of Szczecin

Zeszyty Naukowe
Akademia Morska w Szczecinie

2009, 17(89) pp. 5–8

2009, 17(89) s. 5–8

Wpływ nastaw śruby okrętowej na poprawność funkcjonowania układu ruchowego statku

The influence of controllable pitch propeller on the correct operation of a ship's power transmition system

Andrzej Adamkiewicz[1], Janusz Fydrych[2]

[1] Akademia Morska w Szczecinie, Instytut Technicznej Eksploatacji Siłowni Okrętowych
Wały Chrobrego 1-2, 70-500 Szczecin, e-mail: a.adamkiewicz@am.szczecin.pl
[2] Euro Africa Shipping Lines Co Ltd., Szczecin, e-mail: fydjan@plusnet.pl

Słowa kluczowe: śruba napędowa, nastawa, regulowany skok, układ ruchowy statku, bezpieczeństwo żeglugi

Abstrakt

W artykule pokazano znaczenie poprawnej pracy nastawnej śruby napędowej dla bezpieczeństwa żeglugi statku. Dokonano identyfikacji funkcjonowania pneumatycznego układu sterowania śrubą nastawną. Przedstawiono wyniki pomiarów zmian wartości rzeczywistych nastaw skoku śruby napędowej w funkcji wartości ciśnienia powietrza sterującego. Zarejestrowane rozbieżności przypisano eksploatacyjnej degradacji stanu technicznego układu sterowania nastawą skoku śruby. Skonfrontowano je z zależnościami projektowymi i czasem eksploatacji. Pokazano możliwe konsekwencje użytkowania śruby nastawnej z tego typu niesprawnością dla poprawności pracy układu ruchowego statku. Sformułowano zalecenia eksploatacyjne.

Key words: controllable pitch propeller, positioning, adjustable pitch, ship's power transmission system, safety of navigation

Abstract

This study shows the importance of correct operation of controllable pitch propeller for the safety of navigation. Operation of pneumatic control of controllable pitch propeller in a ship's power transmission system was identified. The results of the change of the actual setting value measurements of the pitch screw propeller in the function of the value of the control air pressure have been presented. Recorded differences were assigned to operational degradation of the technical state of the pitch propeller control system. They were further confronted with the relationships between the design and time of operation. Possible consequences of operating a controllable pitch propeller with such a defect, and its impact on the correct operation of a ship's power transmission system have been outlined. Operational requirements were presented.

Wstęp

Statek to złożony obiekt techniczny, którego bezpieczeństwo uzależnione jest od sprawności poszczególnych urządzeń na nim zainstalowanych oraz od kwalifikacji członków załogi. Utrzymanie statku i jego wyposażenia oznacza spełnienie warunków stawianych przez Kodeks Zarządzania Bezpieczeństwem Standardów Żeglugi – stałe zapewnienie zdolności manewrowej i żeglugowej statku znajdującego się w eksploatacji [1]. Spełnienie wymagań bezpieczeństwa wiąże się z przyjętą planowo-zapobiegawczą strategią utrzymania układu ruchowego statku z dynamicznym obsługiwaniem [2].

Zastosowanie śruby nastawnej umożliwia optymalne wykorzystanie napędu głównego w zmiennych warunkach pływania, co przekłada się na wymierne korzyści ekonomiczne oraz w znacznym stopniu poprawia zdolności manewrowe statku. Jednym z ważniejszych elementów układu ruchowego statku, mającym bezpośredni wpływ na bez-

pieczeństwo żeglugi, jest śruba napędowa o nastawnym skoku płatów [2, 3]. Taki typ układu ruchowego statku stawia szczególne wymagania niezmienności sygnału sterującego zespołem pneumatyczno-hydraulicznym układu przesterowania płatów śruby nastawnej w całym okresie eksploatacji. Rozbieżności pomiędzy wartością nastawy zadanej przez układ sterowania i rzeczywistą, jakie występują po pewnym czasie eksploatacji statku, stały się przyczyną kolizji wielu jednostek morskich [2]. Jednym z istotnych problemów podczas eksploatacji układu napędowego statku ze śrubą nastawną jest właściwy wybór skoku płatów, uwzględniający warunki zewnętrzne oraz oczekiwany manewr. Taka decyzja jest czynnikiem współdecydującym o efektywności pracy napędu głównego oraz bezpieczeństwie statku podczas jazdy morskiej i manewrów w basenach portowych. Na rysunku 1 pokazano przykład kolizji statków m/s „Grande Atlantico" i m/s „Masar Trade" podczas manewrów w porcie, spowodowanej niesprawnością układu sterowania śrubą nastawną.

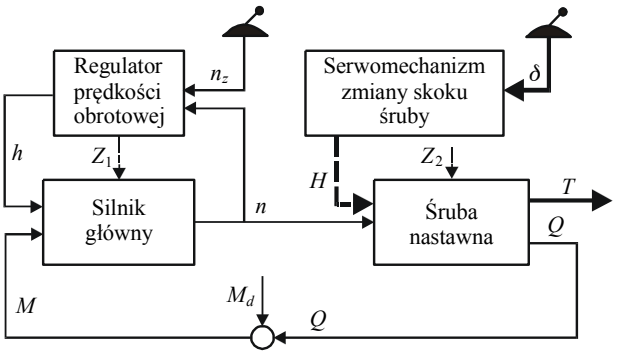
Rys. 1. Etapy kolizji statków podczas manewrów w porcie
Fig. 1. Stages of a collision of ships during maneuvers in port

Takie i im podobne przypadki narzuciły potrzebę oceny wiarygodności uzyskiwanych nastaw śruby nastawnej, jako odzwierciedlenia wartości zadawanych i ustalenia wpływu czasu eksploatacji statku na jednoznaczność odpowiedzi układu sterowania skokiem śruby nastawnej – zgodności z wartościami projektowymi – na sygnały telegrafu maszynowego.

Identyfikacja układu sterowania nastawą śruby okrętowej

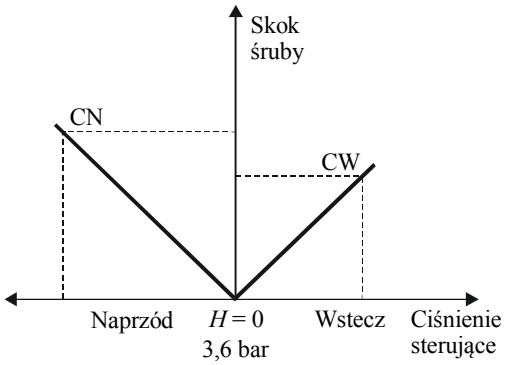
We współczesnych układach ruchowych statków rozpowszechnione są układy sterowania programowego, takie jak np. uniwersalny system sterowania FAMP 200 firmy ABB Marine [4]. Jednak wciąż w eksploatacji pozostają elektryczne i pneumatyczne układy starszych generacji, wymagające dozoru stabilności sygnału sterującego w procesie użytkowania. Schemat blokowy tego typu układu firmy „Lips" przedstawiono na rysunku 2. Jest to pneumatyczny układ nadążny, zasilany powietrzem o ciśnieniu 7,0 bar. Wyposażony jest on w dwa stanowiska manewrowe – w maszynowni i na mostku nawigacyjnym. Układ sterowania zespołem napędowym może pracować również w systemie „Combinator".

Sterowanie zespołem napędowym polega na realizacji związku pomiędzy wartościami zadanej prędkości statku i mocą silnika [1]. Podczas manewrowania statkiem zadawanie pneumatycznego sygnału sterującego odbywa się za pośrednictwem przekaźnikowego zaworu typu Westingshouse'a, skąd jest on przesyłany do hydraulicznego serwomechanizmu zmiany skoku śruby [5]. Od wartości i stabilności formowanego sygnału pneumatycznego (linia pogrubiona na rys. 2), w całym jego zakresie, zależy przebieg i pewność wykonywanych manewrów.



Rys. 2. Schemat blokowy układu sterowania śrubą nastawną firmy „Lips"; n_z – zadana prędkość obrotowa wału silnika; n – rzeczywista prędkość obrotowa; δ – zadana wartość skoku śruby; H – rzeczywista wartość skoku śruby; h – nastawa listwy paliwowej; T – siła naporu śruby; M – moment obrotowy obciążający silnik; Q – moment obrotowy na stożku śruby; M_d – moment obrotowy od dodatkowych odbiorników mocy oraz oporu tarcia linii wałów; Z_1, Z_2 – zakłócenia pracy silnika i śruby [5]
Fig. 2. Block diagram of the control system's adjustable screw "Lips"; n_z – preset speed motor shaft; n – actual speed; δ – the set adjustable pitch propeller; H – the actual value of the adjustable pitch; h – setting motor fuel strips; T – propeller thrust force; M – aggravating the engine torque moment; Q – torque on the cone bolts; M_d – torque from the additional receivers and power line shaft frictional resistance vessel; Z_1, Z_2 – interfere with the engine and propeller [5]

Na przykład, dla pozycji STOP wartość projektowa ciśnienia wynosi 3,6 bar, wartości wyższe są przeznaczone dla pozycji nastaw ruchu „Wstecz", natomiast ciśnienie poniżej 3,6 bar odpowiada nastawom ruchu statku „Naprzód", co pokazano na rysunku 3. Nastawa dźwigni telegrafu maszynowego powinna jednoznacznie wyznaczać wartość skoku śruby nastawnej, a tym samym prędkość manewrową statku.

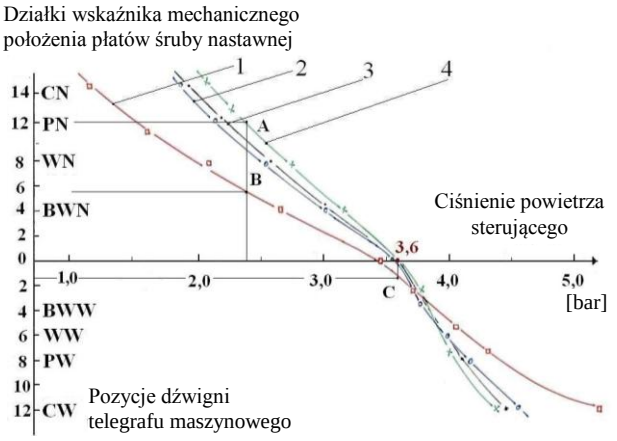


Rys. 3. Zmiana skoku śruby nastawnej w zależności od ciśnienia powietrza sterującego [5]
Fig. 3. Changing the pitch adjustable depending on air pressure control [5]

Eksploatacyjne rozbieżności pomiędzy wartościami nastawy rzeczywistej i zadanej

Zadanym wartościom ciśnienia powietrza sterującego, jako sygnału wejściowego do serwomechanizmu zmiany skoku śruby nastawnej, powinny odpowiadać projektowe nastawy skoku śruby. Serwomechanizm zmiany skoku śruby nastawnej, stanowiący integralną część wykonawczego układu hydraulicznego, wyposażony jest we wskaźnik mechaniczny, sztywno sprzęgnięty z tłokiem korbowodów płatów śruby, odzwierciedlający rzeczywisty skok śruby nastawnej. Wybieranym pozycjom dźwigni telegrafu maszynowego powinny odpowiadać projektowe pozycje na wskaźniku mechanicznym skoku śruby.

Doświadczenia eksploatacji śruby nastawnej i ewolucyjnie pogarszające się zdolności manewrowe statków wskazały na powstawanie rozbieżności pomiędzy zadanym i rzeczywistym skokiem śruby nastawnej. Zadane wartości nastaw (ciśnień powietrza sterującego) na telegrafie maszynowym nie odpowiadają projektowym nastawom skoku. Na statku m/s „Masar Trade" przeprowadzono pomiary wartości ciśnień powietrza sterującego i przyporządkowano je odpowiadającym pozycjom wskaźnika mechanicznego skoku śruby. Podczas pomiarów układ pracował według zależności: stała prędkość obrotowa silnika napędowego – zmienny skok śruby napędowej. Stwierdzono powstawanie w trakcie eksploatacji statku rozbieżności, powiększających się wraz z upływem czasu eksploatacji. Wyniki badań przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Pozycje płatów śruby nastawnej w funkcji ciśnienia powietrza sterującego: *1* – po okresie 3 lat od remontu dokowego, *2* – po pierwszym półroczu od remontu dokowego, *3* – po przeprowadzonej korekcie skoku, *4* – po remoncie dokowym statku
Fig. 4. Items slices as a function of the adjustment screw air pressure control: *1* – after a 3 years of the dock repair; *2* – after the first half of the dock repair; *3* – conducted after the stroke adjustment screw; *4* – after dock repair of the vessel

Przedstawione zależności wskazują na systematyczną degradację układu sterowania skokiem śruby nastawnej w procesie użytkowania. W okresie pierwszego półrocza użytkowania (krzywa 2) nastąpiła stosunkowo mała zmiana wartości ciśnień powietrza sterującego, średnio 5,4%, natomiast po okresie 3 lat (krzywa 1), różnica w porównaniu z wartościami projektowymi wzrosła około trzykrotnie i jest ona różna dla różnych nastaw. Tego typu zmiany formowanego sygnału sterującego generują nieodpowiadające wartościom projektowym ustawienia skoku śruby nastawnej. W efekcie zmianom ulegał również punkt współpracy silnika ze śrubą nastawną.

Podczas manewrów statkiem dla nastawy PÓŁ NAPRZÓD (PN) wg wartości projektowej (punkt A) osiągana jest nowa nastawa rzeczywista, pośrednia pomiędzy BARDZO WOLNO NAPRZÓD (BWN) i WOLNO NAPRZÓD (WN) (punkt B), co przekłada się na niepełną siłę naporu pędnika i prędkość statku. Ponadto nastąpiła zmiana pozycji STOP układu ruchowego. Po ustawieniu dźwigni telegrafu maszynowego w pozycji STOP, w rzeczywistości układ generuje pozycję na pracę wstecz (punkt C) o połowie wartości BWW. Skutkuje to ruchem statku wstecz, gdy oczekiwany jest neutralny skok śruby nastawnej.

W rezultacie opisanych zmian manewrowanie statkiem jest obarczane błędem, mogącym skutkować stanem zagrożenia bezpieczeństwa żeglugi.

Przeprowadzona korekta (krzywa 3) zerowego ustawienia skoku śruby nastawnej przywróciła na wspomnianym statku tylko poprzednią pozycję nastawy STOP w odniesieniu do wartości projektowej, natomiast inne nastawy są obarczone średnią niepewnością rzędu 2,6%, nie osiągając wartości projektowych. Takiej regulacji / korekty nie można uznać za prawidłowe przywrócenie stanu zdatności układu sterowania śrubą nastawną.

Zaistniała zmiana warunków pracy śruby nastawnej w pozycji STOP stwarza zagrożenia eksploatacyjne i manewrowe dla statku. Podczas włączania głównego układu napędowego do pracy jest on obciążany momentem obrotowym wynikającym z ustawienia skoku, przez co nadawany jest statkowi ruch „Wstecz". Fakt ten skutkować będzie niekontrolowanym manewrem statku.

Podsumowanie

Otrzymane wyniki pokazują, że postępujące w trakcie użytkowania zmiany w układzie sterowania skokiem śruby nastawnej zagrażają bezpieczeństwu żeglugi. Już po półrocznej eksploatacji układu rzeczywiste wartości nastawy skoku śruby nie odzwierciedlały wartości projektowych, a stan degradacji pogłębiał się w miarę dalszej eksploatacji i upływu czasu. Utrzymywanie stanu niezdatności do chwili remontu 5-letniego, w skrajnym przypadku, może doprowadzić do poważnych zakłóceń w pracy układu sterowania śrubą nastawną oraz znacznego obniżenia poziomu bezpieczeństwa statku, szczególnie podczas manewrów. Niezbędny więc jest ciągły dozór wartości parametrów pracy układu sterowania. W procesie eksploatacji należy zlecać prace serwisowe częściej niż przewiduje cykl 5-letni, zależnie od stopnia degradacji układu. Wskazywać na nie będą wyniki testów diagnostycznych.

Bibliografia

1. RAMĘDA H.: Zarządzanie bezpieczeństwem statku. Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Wydział Techniki Morskiej, ZAPOL, Szczecin 2009.
2. GIRTLER J., KUSZMIDER S., PLEWIŃSKI L.: Wybrane zagadnienia eksploatacji statków morskich w aspekcie bezpieczeństwa żeglugi. Wyższa Szkoła Morska w Szczecinie, Szczecin 2003.
3. SZCZEŚNIAK J., STĘPNIAK A.: Sterowanie i eksploatacja układu napędowego statku ze śrubą nastawną. Fundacja Rozwoju Akademii Morskiej w Szczecinie, Szczecin 2006.
4. ABB Marine Rotterdam, files of technical control of the main power system with a CPP on the m/s Topas vessel.
5. Dokumentacja techniczna śruby nastawnej napędu głównego firmy „Lips".

Recenzent:
prof. dr hab. inż. Romuald Cwilewicz
Akademia Morska w Gdyni