

Andrzej Adamkiewicz, Janusz Fydrych
Akademia Morska w Szczecinie,
Euroafrica Shipping Lines Co Ltd., Szczecin

WPLYW NASTAW ŚRUBY OKRĘTOWEJ NA POPRAWNOŚĆ FUNKCJONOWANIA UKŁADU RUCHOWEGO STATKU

STRESZCZENIE

Pokazano znaczenie poprawnej pracy nastawnej śruby napędowej dla bezpieczeństwa żeglugi. Dokonano identyfikacji funkcjonowania pneumatycznego układu sterowania śruby nastawnej w układzie ruchowym statku. 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.

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

WSTĘP

Utrzymanie stanu statku i jego wyposażenia oznacza spełnienie wymaganych przez Kodeks Zarządzania Bezpieczeństwem standardów żeglugi, czyli zapewnienie w sposób ciągły zdolności manewrowej i żeglugowej statku znajdującego się w eksploatacji [7]. Spełnienie wymagań bezpieczeństwa wiąże się z przyjętą strategią utrzymania układu ruchowego statku z planowo-zapobiegawczą strategią eksploatacji z dynamicznym obsługiwaniem na podstawie wyników testów diagnostycznych. Jednym z ważniejszych elementów układu ruchowego statku o bezpośrednim wpływie na bezpieczeństwo żeglugi jest śruba napędowa o nastawnym skoku płatów. Taki typ układu napędowego statku stawia wysokie

wymagania stabilności/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 dwóch statków: m/s Grande Atlantico i m/s Masar Trade podczas manewrów w porcie. Dwa etapy z przebiegu zdarzenia przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Etapy kolizji pomiędzy dwoma statkami podczas manewrów w porcie

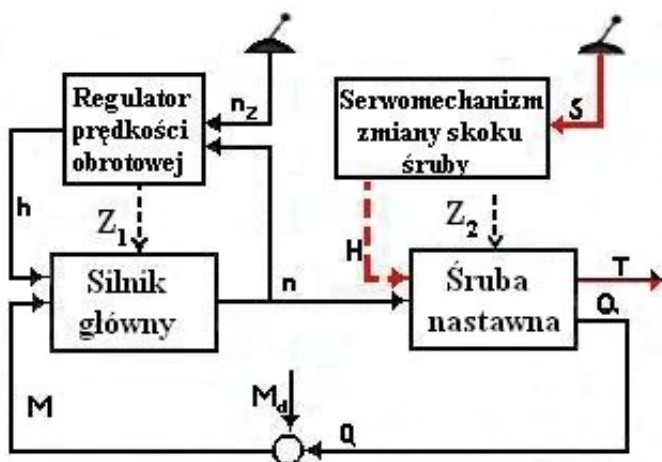
Przypadek ten spowodował potrzebę oceny wiarygodności uzyskiwanych nastaw śruby nastawnej jako odzwierciedlenia wartości zadawanych i ustalenia wpływu czasu eksploatacji statku na jednoznaczność odpowiedzi układu sterowania skokiem śruby nastawnej - zgodności z wartościami projektowymi, na sygnały telegrafu 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 [1]. Jednak wciąż w eksploatacji pozostają elektryczne i pneumatyczne układy starszej generacji, podatne na degradację stanu, wymagające dozoru stabilności sygnału sterującego w procesie użytkowania. Schemat blokowy tego typu układu firmy Lips przedstawiono na rysunku 2 [2]. Jest to pneumatyczny układ nadążny, zasilany powietrzem o ciśnieniu 7,0 bar. Wyposażony jest w dwa stanowiska manewrowania, w maszynowni i na mostku nawigacyjnym. Układ sterowania zespołem napędowym ma możliwość pracy w systemie „Combinator”.

Sterowanie zespołem napędowym polega na realizacji związku pomiędzy wartościami zadanej prędkości statku i mocą silnika. Podczas manewrowania

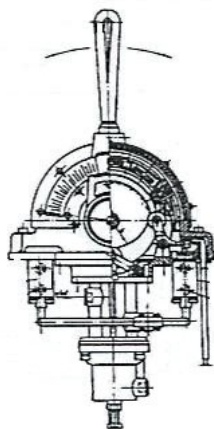
statkiem zadawanie pneumatycznego sygnału sterującego odbywa się za pośrednictwem przekąźnikowego zaworu typu Westinghouse'a, stanowiącego część nadajnika telegrafu maszynowego. Widok zaworu pokazano na rysunku 3. Przetwarzanie wartości ciśnienia, jako zadanego sygnału, odbywa się w zaworze Westinghous'a, skąd sygnał jest przesyłany do hydraulicznego serwomechanizmu zmiany skoku śruby.



Rys.2. Schemat blokowy układu sterowania śrubą nastawną firmy Lips

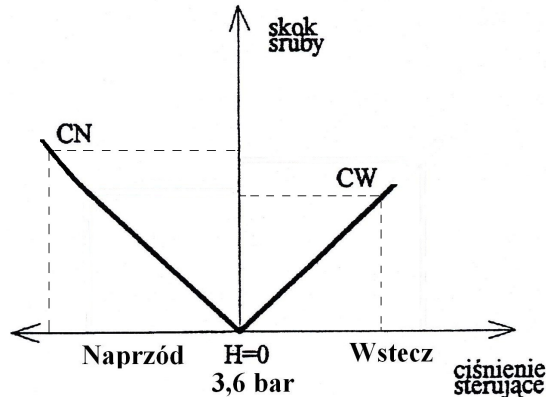
n_z – zadana prędkość obrotowa wału; n – rzeczywista prędkość obrotowa; δ – zadana wartość skoku śruby; H – rzeczywista wartość skoku śruby; h – nastawa listwy paliwowej; T – siła naporu śruby; M – moment obrotowy obciążający silnik; Q – moment obrotowy na stożku śruby; M_d – moment obrotowy od dodatkowych odbiorników mocy oraz oporu tarcia linii wałów; Z_1, Z_2 – zakłócenia pracy silnika i śruby.

Od wartości i stabilności formowanego sygnału pneumatycznego (linia czerwona na rys. 2), w całym jego zakresie, zależy przebieg i pewność wykonywanych manewrów.



Rys. 3. Zespół telegrafu maszynowego z zaworem przekąźnikowym Westngouse'a

Dla przykładu, dla pozycji STOP wartość projektowa ciśnienia wynosi 3,6 bar, wartości wyższe są przeznaczone dla pozycji nastaw ruchu WSTECZ, natomiast poniżej 3,6 bar odpowiadaia nastawom ruchu statku NAPRZÓD, co pokazano na rysunku 4 [2].



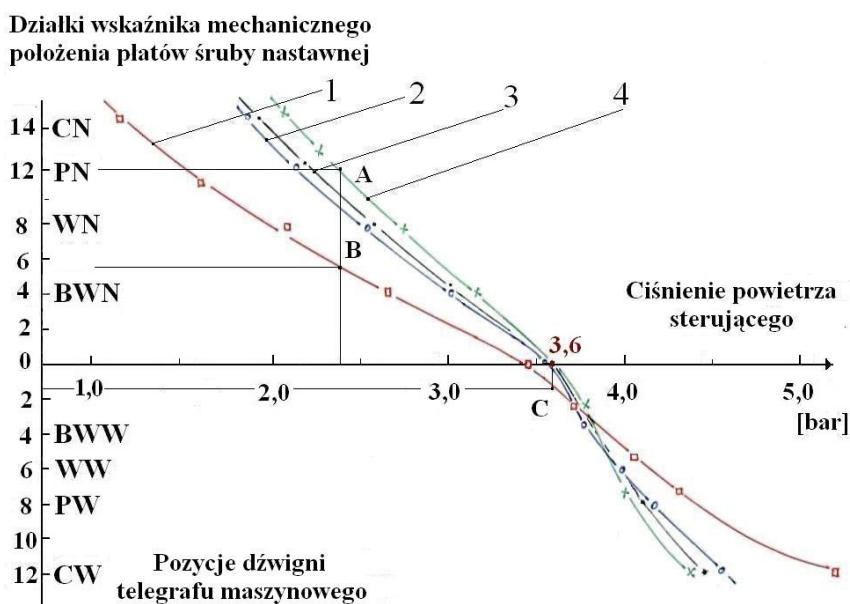
Rys. 4. Zmiana skoku śruby nastawnej w zależności od ciśnienia powietrza sterującego

Nastawa dźwigni telegrafu maszynowego powinna jednoznacznie wyznaczać wartość skoku śruby nastawnej, a tym samym prędkość manewrową statku.

EKSPLOATACYJNE ROZBIEŻNOŚCI POMIĘDZY WARTOŚCIAMI RZECZYWISTEJ NASTAWY 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, reprezentujący rzeczywisty skok śruby nastawnej. Wskaźnik jest wyskalowany w 18 jednakowych działkach w zakresie nastaw „Naprzód” oraz „Wstecz”. Nastawy projektowe wynoszą odpowiednio: 14 działek w ruch manewrowym CAŁA NAPRZÓD oraz 12 działek w ruchu manewrowym CAŁA WSTECZ. Wybieranym pozycjom dźwigni telegrafu maszynowego powinny odpowiadać projektowe pozycje na wskaźniku mechanicznym skoku śruby. Doświadczenia eksploatacji śruby nastawnej i ewolucyjnie pogarszająca się zdolność manewrowa jednostki (zaistniała kolizja) wskazały na powstanie rozbieżności pomiędzy zadanim i rzeczywistym skokiem śruby nastawnej. Zadane wartości nastaw (ciśnienie powietrza sterującego) na telegrafie maszynowym nie odpowiadają projektowym nastawom skoku. Przeprowadzono pomiary wartości ciśnień powietrza sterującego i

przyporządkowano je odpowiadającym pozycjom wskaźnika mechanicznego skoku śruby. Podczas pomiarów układ pracował wg zależności: stała prędkość obrotowa silnika napędowego – zmienny skok śruby napędowej. Stwierdzono powstawanie w trakcie eksploatacji statku rozbieżności, powiększających się wraz z upływem czasu eksploatacji od początku eksploatacji lub naprawy głównej/remontu klasowego. Wyniki badań przedstawiono graficznie na rysunku 5.



Rys. 5. Pozycje płatów śruby nastawnej w zależności od ciśnienia powietrza sterującego
1 – wartości nastaw po okresie 3-ich lat od remontu dokowego; 2 – wartości nastaw po pierwszym półroczu od remontu dokowego; 3 – wartości nastaw po przeprowadzonej korekcji skoku; 4 – wartości nastaw układu sterowania po remoncie dokowym statku

Dowodzą one systematycznej degradacji układu sterowania skokiem śruby nastawnej w procesie użytkowania. W okresie 1-go półroczu użytkowania, od remontu dokowego (krzywa 2), nastąpiła stosunkowo mała zmiana wartości ciśnień powietrza sterującego dla osiągnięcia poszczególnych nastaw manewrowych. Różnica ta wynosiła średnio 5,4%, natomiast po okresie 3 lat użytkowania od remontu (krzywa 1), różnica w porównaniu do wartości projektowych wzrosła do 16,7%. W zależności od wybranej nastawy jest ona różna. W przypadku nastawy CAŁA NAPRZÓD wynosi 28,4%, zaś dla pozycji STOP wynosi ona 5,6%.

Takie zmiany formowanego sygnału sterującego, generują nie odpowiadające wartościom projektowym, ustawienia skoku śruby nastawnej. W efekcie zmianom ulegał również punkt współpracy silnika ze śrubą nastawną.

Podczas manewrów statkiem, dla nastawy PN wg wartości projektowej (punkt A), osiągnięta jest nowa nastawa rzeczywista, pośrednia pomiędzy BWN a WN (punkt B), co przekłada się na niepełną prędkość statku i siłę naporu pędnika, jako niezbędną dla wykonania założonego manewru. Ponadto pojawiła się zmiana pozycji STOP układu napędowego. Po ustawieniu dźwigni telegrafu maszynowego w pozycję 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.

Skutkiem opisanych zmian, manewrowanie statkiem będzie obciążone błędem, mogącym skutkować stanem zagrożenia bezpieczeństwa statku. Przeprowadzona korekta (krzywa3) zerowego ustawienia skoku śruby nastawnej, przywraca tylko poprzednią pozycję nastawy STOP w odniesieniu do wartości projektowej, natomiast inne nastawy pozostają obciążone średnim błędem wynoszącym 2,6 %, nie osiągając wartości projektowych. Takiej regulacji/korekty nie można uznać za prawidłowe przywrócenie stanu zdadności 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, zagrażając bezpieczeństwu własnemu i innych jednostek.

UWAGI KOŃCOWE

Otrzymane wyniki pokazują, że postępująca w trakcie użytkowania degradacja układu sterowania zagraża stanem jego niezdatności. Już po półrocznej eksploatacji układu osiągnięte rzeczywiste wartości nastawy skoku śruby nie odzwierciedlają przyjętych założeń projektowych, a stan degradacji pogłębia się w miarę dalszej eksploatacji i upływu czasu. Utrzymywanie stanu niezdatności do chwili remontu pięcioletniego, w skrajnym przypadku, może doprowadzić do poważnych zakłóceń w pracy układu sterowania śrubą nastawną oraz znacznego obniżenia stanu bezpieczeństwa statku, szczególnie podczas manewrowania w basenach portowych.

Niezbędny więc jest ciągły monitoring wartości parametrów pracy układu sterowania, a usługa serwisowa powinna obejmować regulację, korektę wszystkich pozycji nastaw telegrafu maszynowego tak, aby układ sterujący śrubą nastawną osiągał wartości bliskie projektowym. W procesie eksploatacji należy zlecać prace serwisowe częściej niż cykl 5-cio letni, zależnie od stopnia degradacji układu, na co wskazywać będą wyniki dozoru ciągłego.

BIBLIOGRAFIA

- [1] ABB Marine Rotterdam, *files of technical control of the main power system with a CPP on the m/s Topas vessel*
- [2] *Dokumentacja techniczna śruby nastawnej napędu głównego firmy „Lips”*
- [3] Dudziak J, *Teoria okrętu*, Fundacja Promocji Przemysłu Okrętowego i Gospodarki Morskiej, Wydanie II Gdańsk 2008.
- [4] Girtler J, Koszmider S, Plewiński L., *Wybrane zagadnienia eksploatacji statków morskich w aspekcie bezpieczeństwa żeglugi*, Wyższa Szkoła Morska w Szczecinie, Szczecin 2003.
- [5] Górski Z, Perepeczko A., *Okrętowe maszyny i urządzenia pomocnicze*, TRADEMAR Gdynia 1997.
- [6] Ramęda H., *Zarządzanie bezpieczeństwem statku*, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Wydział Techniki Morskiej, ZAPOL Szczecin 2009.
- [7] Szcześniak J, Stępiak A., *Sterowanie i eksploatacja układu napędowego statku ze śrubą nastawną*, Fundacja Rozwoju Akademii Morskiej w Szczecinie, Szczecin 2006

THE INFLUENCE OF CONTROLLABLE PITCH PROPELLER ON THE CORRECT OPERATION OF A SHIP'S POWER TRANSMISSION SYSTEM

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 study presents the results of the change of the actual setting value measurements of pitch screw propeller in the function of the value of the control air pressure. Recorded differences were assigned to operational degradation of technical state of the pitch propeller control system. They were further confronted with the relationship between the design and time of operation. The study shows the possible consequences of operating the controllable pitch propeller with such a defect, and the impact on the correct operation of a ship's power transmission system. Operational requirements were presented.

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

Recenzent

(Arial Narrow, 11 p., pojedyncza interlinia, wyrównanie do lewej, od akapitu)