

DIAGNOZOWANIE AGREGATÓW TYPU MASZYNA ELEKTRYCZNA – PRZEKŁADNIA – PĘDNIK

Piotr BIELAWSKI, Tomasz BURNOS

Akademia Morska w Szczecinie, Instytut Nauk Podstawowych Technicznych
ul. Podgórna 51/53, 70-205 Szczecin, e-mail: pbielaws@am.szczecin.pl, tomaszburnos@wp.pl

Streszczenie

Przedstawiono obecny obraz zastosowań agregatów typu maszyna elektryczna – przekładnia – pędnik oraz ich przewidywany obszar zastosowania w technice wodorowej. Poruszono problemy eksploatacyjne w zastosowaniach okrętowych, ze szczególnym uwzględnieniem silników elektrycznych, przekładni zębatych kątowych śrub nastawnych i uszczelnień wału śrubowego. Omówiono zagadnienie diagnozowalności agregatów i dokonano analizy symptomów diagnostycznych w stanach ustalonych oraz nieustalonych. Poruszono problem uwzględnienia rzeczywistego obciążenia, przedstawiono koncepcję realizacji eksperymentu biernego i przykładowe uzyskane wyniki.

Słowa kluczowe: układy napędowe, diagnozowanie maszyn wirnikowych, technika wodorowa

DIAGNOSIS OF MACHINE SETS CONSIST OF ELECTRIC MACHINE – GEAR – PROPELLER

Summary

The present applications of machine sets consist of electric machine – gear – propeller there are enumerated and forecast field of using them in hydrogen technology was made. Some marine exploitation problems are pointed, with special consideration to electric machines, gears, controlled pitch propellers and shaft seal. There is also pointed a problem of real machine load. The conception of making active and passive experimental researches is presented.

Keywords: propulsion systems, diagnosis of rotation machines, hydrogen technology

1. WSTĘP

Obawa przed wyczerpaniem paliw kopalnianych, strach przed energią atomową oraz obawa przed efektem cieplarnianym powoduje poszukiwanie odpowiednio zasobnych źródeł energii takiej, której wykorzystywanie jest bezpieczne i nie wiąże się z emisją CO₂. Dotyczy to głównie transportu, w szczególności żeglugi (ze względu na bardzo duże ilości zużywanego paliwa) gdzie konieczny jest transport paliwa wraz z pojazdem. Wprowadzanie nowego rodzaju paliwa zdeterminowanego źródłem energii pociąga za sobą zmianę konstrukcji okrętowych systemów napędowych i budowę odpowiedniej infrastruktury paliwowej. Należy spodziewać się zatem wzrostu cen paliw i wzrostu kosztów eksploatacji, głównie kosztów wykonywania zadań transportowych. Istotne znaczenie będą nadal miały koszty obsługiwanie. Ponieważ koszty obsługiwanie dają się optymalizować konieczne jest jak najwcześniejsze pozyskanie potrzebnych do tego celu informacji. Niektóre z nich można uzyskać dopiero po pewnym czasie eksploatacji danego systemu napędowego. Celem optymalizacji kosztów obsługiwanie przyszłych systemów napędowych konieczna jest:

- analiza źródeł energii i analiza paliw i ich ocena do wykorzystania w żegludze,

- przygotowanie scenariuszy przyszłych systemów napędowych,
- podjęcie badań na maszynach podobnych do tych jakie będą stosowane w przyszłych systemach napędowych,
- budowa systemów obsługiwanie przydatnych do obsługiwanie obecnych jak i przyszłych okrętowych systemów napędowych.

2. PALIWA DLA TRANSPORTU MORSKIEGO

Paliwa dla transportu zwane również nośnikami energii zaliczane są do energii wtórnej. Energia ta powstaje przez przetworzenie z dużym nakładem energii tzw. energii pierwotnej. Źródłami energii pierwotnej są naturalne nośniki energii (paliwa kopalniane) i odnawialne źródła energii.

Kopalniane paliwa w formie ciekłej lub gazowej (istniejące rezerwy ropy i gazu) może wystarczą jeszcze na 40 lat [6].

Celem zwiększenia rezerw sięga się między innymi po paliwa kopalniane położone pod dnem morza, poprawia stopień wykorzystania źródła. Przewiduje się, że wydobywanie ropy i gazu z dna przybrzeży mórz nabierze w przyszłości dużego znaczenia.

Za odnawialne źródła uważa się biomasę (paliwa roślinne), energię słoneczną, energię wiatrową i energię wód rzek i oceanów.

Z biomasy wytwarzać można bezpośrednio lub w drodze syntezy paliwa stałe, ciekłe i gazowe. W tego rodzaju paliwach dwutlenek węgla jest neutralny – tyle dwutlenku się wytwarza przy spalaniu ile jest wylapywane przez rośliny wchodzące później w skład biomasy [6].

Przykładowo paliwo z biomasy „Bio-Diesel” dostępne jest już na niektórych stacjach benzynowych w Niemczech podobnie jak gaz. Paliwa syntetyczne powstają w procesie odgazowania biomasy. Jako biomasę wykorzystuje się tutaj nie tylko nasiona, tak jak w paliwach z rzepaku, ale całe rośliny. Paliwa syntetyczne składają się z C, H, O. Nie zawierają w odróżnieniu od paliw kopalnianych siarki i aromatycznych węglowodorów. Przykładowo paliwo „Öko-Diesel” po spalaniu daje 50% mniej sadzy i 15% mniej tlenu azotu [6].

Z pozostałych odnawialnych źródeł energii można wytwarzać energię elektryczną. Energię elektryczną można zamienić w energię paliw ciekłych lub gazowych. Do tego celu najlepszym pod względem ochrony środowiska nośnikiem energii jest wodór; produktem spalania jest jedynie para wodna.

Obecnie w żegludze jako jednostki napędowe stosuje się prawie wyłącznie silniki Diesla spalające oleje napędowe i resztkowe.

Zasadniczo silniki Diesla mogą być zasilane innymi płynnymi i gazowymi paliwami. Wypróbowano już (Kohlen-Slurry) zawiesinę węglową, LNG (Liquified Natural Gas) oraz wodór [6].

Biopaliwa najczęściej nie wykazują samozapłonu. Konieczny jest zapłon pomocniczy. Należy oczekiwać powstania i realizacji obiegu termodynamicznego pośredniego między obiegiem Otto i Diesla. Należy oczekiwać powstania koncepcji nowego paliwa dla takiego silnika [6].

Ograniczyć emisję gazów bez stosowania katalizatorów spalając dowolne paliwo można wykorzystując przełomowy rozwój stacjonarnych palników umożliwiających spalanie prawie wolne od szkodliwych substancji. Spalanie i reakcje termiczne realizowane są w porowatym prostopadłościennym palniku. Rozwiązaniem dla transportu jest zatem także tłokowy silnik parowy wyposażony w zamknięty układ parowy ze spalaniem zewnętrznym [5].

Wodór pozyskiwany jest zawsze przy dużym nakładzie energii z innych materiałów. W chwili obecnej jest to bardzo drogie. Wodór może być w idealny sposób zastosowany jako paliwo w ogniach paliwowych (wodorowych). Takie ogniwa jak dotąd mają niewystarczająco małą moc. Zamiana energii zawartej w wodorze w energię elektryczną w ogniach następuje jednak z bardzo dużą sprawnością, bez hałasu i drgań, co czyni ten proces szczególnie atrakcyjnym w pojazdach podwodnych (łodziach podwodnych); potrzebny do procesu tlen może być dostarczany bezpośrednio w formie ciekłej [6, 9]

Przewiduje się, że w żegludze w zbliżających się dziesięcioleciach podstawową jednostką napędową pozostanie silnik Diesla. Rodzaj zastosowanego paliwa będzie wpływał jedynie na systemy przygotowania paliwa (np. podgrzania i czyszczenia). Silnik przyszłości będzie silnikiem co najmniej dwupaliwowym (patrz również HANSA 4/2003, S. 38). W przyszłości za 30 – 50 lat paliwem może być wodór przy prawie nie zmienionych systemach napędowych (silnikach i innych maszynach napędowych). Do tego czasu (jako okres przejściowy) stosowane będą paliwa kopalniane i biopaliwa [6].

W dalszej przyszłości możliwe są dwa główne systemy napędowe:

- 1) paliwo + silnik cieplny + konwencjonalny system napędowy,
- 2) wodór + ogniwo paliwowe + napęd elektryczny. Możliwe są trzy wersje: napędy POD (gondolowe), napędy typu ster strumieniowy, napęd klasyczny z silnikiem elektrycznym.

Niezależnie od rodzaju paliwa najważniejszymi maszynami okrętowych systemów napędowych będą łożyska, wały i uszczelnienia wałów, sprzęgła przekładnie. Silniki elektryczne zwiększą swój udział a silniki spalinowe zachowają znaczącą pozycję przez następne dziesięciolecia.

3. WIELKOŚCI WPŁYWAJĄCE NA OBSŁUGIWANIE I KONCEPCJA MOGĄCA SIĘ PRZYCZYNIĆ DO OPTYMALIZACJI OBSŁUGIWANIA

Prawie codziennie dochodzi do wypadków z udziałem obiektów pływających, z czego wiele skutkuje uszkodzeniami ciała i utratą życia. Według statystyk ponad 60% wypadków to wypadki z udziałem systemów napędowych: silnik – łożysko – ster. Uszkodzenie jednego z wymienionych elementów na statku jednomotorowym powoduje utratę manewrowości statku i stanowi zagrożenie dla innych i dla środowiska [7]. Przeciwdziałania to z jednej strony podwyższanie niezawodności i polepszanie naprawialności z drugiej.

Podwyższanie niezawodności możliwe jest poprzez:

- podwyższanie jakości;
- redundancję: dodatkowe systemy manewrowe, napędy awaryjne;
- diagnozowanie.

Podwyższanie naprawialności możliwe jest poprzez:

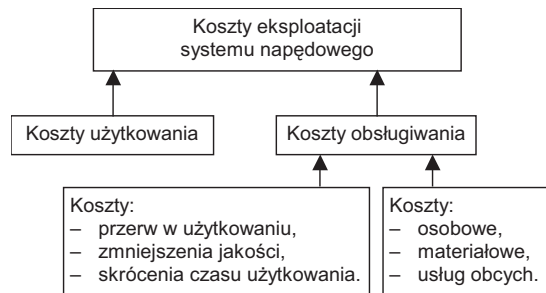
- lepsze technologie montażu,
- lepsze technologie napraw elementów,
- uwzględnienie napraw w konstrukcji maszyny.

Skutki uszkodzeń można w większości przypadków sprowadzić do wymiaru finansowego – kosztów. Rysunek 1 stanowi zestawienie kosztów eksploatacji systemu napędowego ze szczególnym uwzględnieniem kosztów obsługiwana. Koszty

przerw w użytkowaniu w przypadku statku obejmują głównie:

- kary wynikające z umów frachtowych,
- kary za przesunięcie usług portowych.

Skrócenie czasu użytkowania to tzw. stracone czynne dni jednostki.

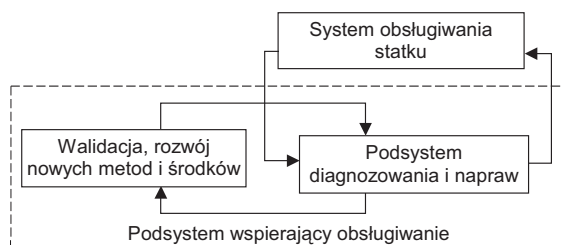


Rys. 1. Zestawienie składowych kosztów eksploatacji systemu napędowego

W wielu przypadkach działaniami składającymi się na optymalne obsługa może być wprowadzanie diagnostowania i następujące rodzaje odnowy elementów:

- zamiast wymiany na nowy – naprawa lub wymiana na naprawiony lub regenerowany element,
- zamiast naprawy lub regeneracji w serwisie producenta daleko od miejsca eksploatacji – naprawa/regeneracja w regionie,
- zamiast wymiany na nowy/naprawiony/regenerowany szybka naprawa (krótki czas naprawy) podczas remontu (w czasie między demontażem i montażem).

W przypadku floty liniowej i regionalnej diagnostowanie i naprawy mogą być realizowane przez zewnętrzny podsystem wspierający obsługa (rys. 2). Łączenie diagnostowania i napraw w jednym podsystemie ma szereg zalet. Możliwe lub łatwiejsze jest porównanie diagnozy ze stanem rzeczywistym, dokładne określenie wartości wielkości opisujących stan techniczny przed rozpoczęciem eksploatacji oraz przed i po naprawie [1, 2].



Rys. 2. Podsystem wspierający obsługa statku

4. NAPĘDY ELEKTRYCZNE

Główną zaletą napędów elektrycznych jest rozdzielanie jednostek napędowych (silników, turbin spalinowych) od śródników i wyeliminowanie łączą-

cych je „linii wałów”. Statek może mieć wtedy więcej śródników, między innymi zwiększających jego manewrowość, usytuowanych w miejscach niezależnych od usytuowania jednostek napędowych. Nadanie śródnikom możliwości zmiany położenia osi względem osi statku pozwala na przejęcie przez nie roli steru.

Jednak pomimo rosnącej liczby tych systemów ich obsługa należy uznać za dalekie od optymalnego. Główną przyczyną jest to, że większość z nich są to pojedyncze egzemplarze nierzadko prototypowe.

Przykładem może być najnowocześniejszy i największy statek pasażerski świata Queen Merry 2. Już podczas pierwszej podróży komercyjnej uległ uszkodzeniu jeden z dwóch śródników azymutalnych. Nieplanowane wyłączenia z eksploatacji z powodu uszkodzeń tych urządzeń powtarzają się w dalszym ciągu, pomimo zastosowania najlepszych znanych systemów wspierania obsługi [8].

Każde wyłączenie statku z eksploatacji z powodu uszkodzenia takiego napędu pociąga za sobą straty finansowe. W przypadku niektórych jednostek koszty te przekraczają 100 000 \$ dziennie (Hapaq-Loyd).

Najbardziej popularnymi spośród obecnie stosowanych napędów elektrycznych są stery strumieniowe, pełniące rolę napędów pomocniczych. Realizowaną na nich strategię obsługi można określić jako obsługę według stanu ustalonego podczas przeglądów. Okres między kolejnymi przeglądami wynika z przepisów towarzystw klasyfikacyjnych i wynosi 5 lat. Statystyki uszkodzeń wskazują na konieczność wprowadzenia strategii z diagnostowaniem stanu. Według statystyk najczęściej uszkodzeniom ulegają uszczelnienia wałów (ok. 30%), nieco rzadziej łożyska przekładni (26 – 28%), układy sterowania śrubą nastawną (15 – 20%), koła zębate przekładni (10 – 15%), wały (8 – 10%), inne (1 – 2%). Dane statystyczne nie są jednoznaczne ze względu na brak rzetelnych informacji ze strony producentów.

Analizując budowę tego typu napędów oraz ich charakter pracy można wyszczególnić problemy i ograniczenia występujące przy ich diagnostowaniu, uniemożliwiające zastosowanie tradycyjnych metod stosowanych w podobnych rozwiązaniach lądowych, są to:

- duża moc, sięgająca 2 MW,
- skupienie kilku urządzeń na małej powierzchni,
- sztywne połączenia pomiędzy urządzeniami, (elementy kadłuba)
- wspólne źródło zasilania,
- krótki okres pracy (podczas manewrów),
- duża zmienność obciążeń,
- praca na granicy dwóch ośrodków wodno-wnętrze kadłuba,
- brak dostępu od wnętrza statku,
- brak możliwości ingerencji w maszyny wchodzące w skład napędu bez zgody nadzorującego towarzystwa klasyfikacyjnego.

Zmusza to do poszukiwań metody lub zbioru metod diagnostycznych umożliwiających wykrycie zmian stanu napędu z uwzględnieniem wymienionych ograniczeń. Założenia, jakie powinien spełniać system bazujący na tych metodach można sformułować następująco:

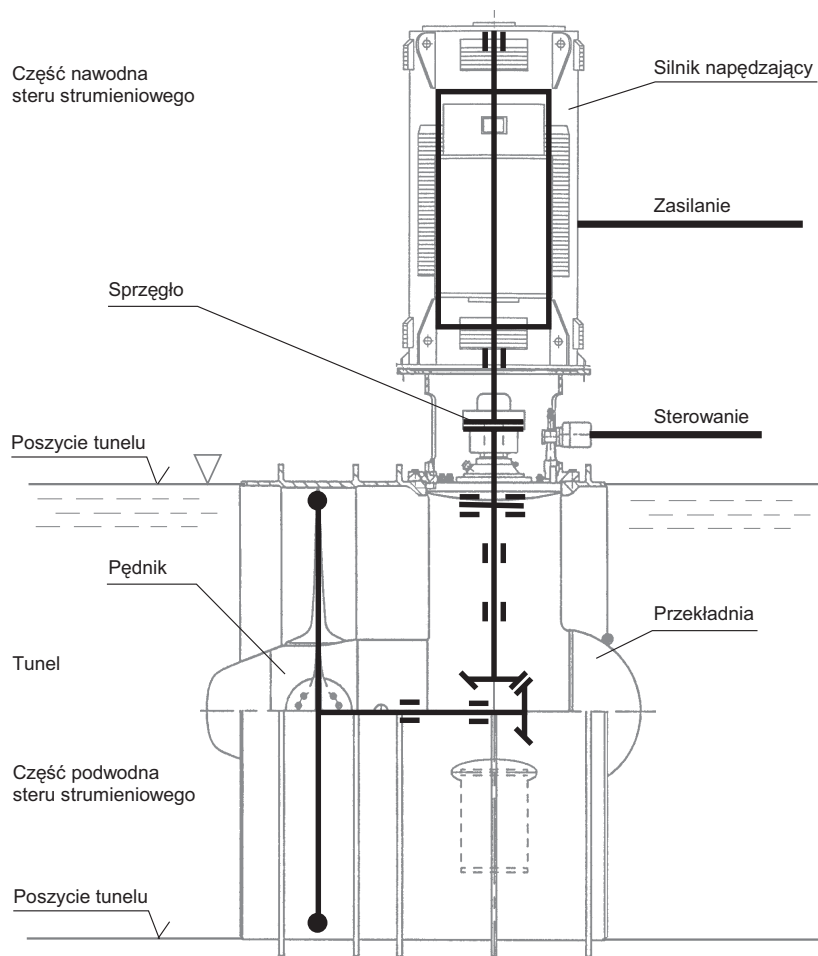
- pomiary powinny zbyć wykonywane bez ingerencji w poszczególne elementy steru strumieniowego;
- punkty pomiarowe powinny być wyznaczone na podstawie analizy budowy napędu i powinny być wykazane związki przyczynowo-skutkowe;
- należy wykorzystać możliwie jak największą liczbę rodzajów sygnałów diagnostycznych, w celu podniesienia trafności diagnozy;
- należy poszukiwać nowych metod analizy sygnałów w celu dokładniejszego określenia odpowiedzi na wymuszenia, zwłaszcza wymuszenia przejściowe;
- nowe metody powinny uwzględniać obciążenie chwilowe.

5. DIAGNOZOWANIE STERÓW STRUMIENIOWYCH

Ster strumieniowy składa się z maszyny napędzającej, którą w większości wypadków stanowi silnik elektryczny, połączonej sprzęgłem z zębatą przekładnią kątową, która napędza pędnik w postaci śruby najczęściej o nastawnym skoku. Schemat steru strumieniowego przedstawiono na rysunku 3.

Rozpatrując możliwości diagnozowania sterów strumieniowych przeanalizowano dostępne i rozwijane metody diagnostyczne. Potencjalnymi metodami są metody bazujące na:

- sygnałach drgań korpusu,
- cząsteczkach – produktach zużycia zawieszonych w oleju,
- sygnałach nierównomierności prędkości obrotowej,
- sygnałach emisji akustycznej,
- sygnałach mocy pobieranej przez napęd,
- sygnałach zmian natężenia przepływu przez kanały,
- sygnałach zmian temperatury.

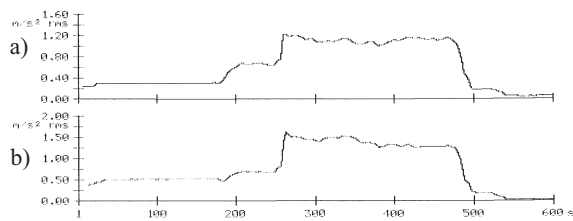


Rys. 3. Schemat steru strumieniowego

Metody bazujące na wymienionych sygnałach, poza wyjątkami, są najczęściej opracowane dla konkretnych obiektów.

Rozpatrując możliwość wykorzystania sygnału drganiowego to jego niewątpliwą zaletą jest duża ilość opracowań na temat jego zastosowań wynika-

jąca z popularności metod drganiowych, oraz duża dostępność systemów pomiarowych i systemów analizy drgań. W odniesieniu do sterów strumieniowych podstawowym problemem jest dostęp do poszczególnych elementów, na których powinny być zamontowane przetworniki zgodnie ze znanymi zaleceniami przy pomiarach drgań. Kolejnym utrudnieniem jest słabo tłumione przenoszenie drgań poprzez sztywne elementy kadłuba statku z innych urządzeń (rys. 4). Ograniczenia wynikają również z krótkiego czasu pracy, w ciągu którego parametry pracy praktycznie nie ulegają ustaleniu, a obciążenie zmienia się wielokrotnie (rys. 5).



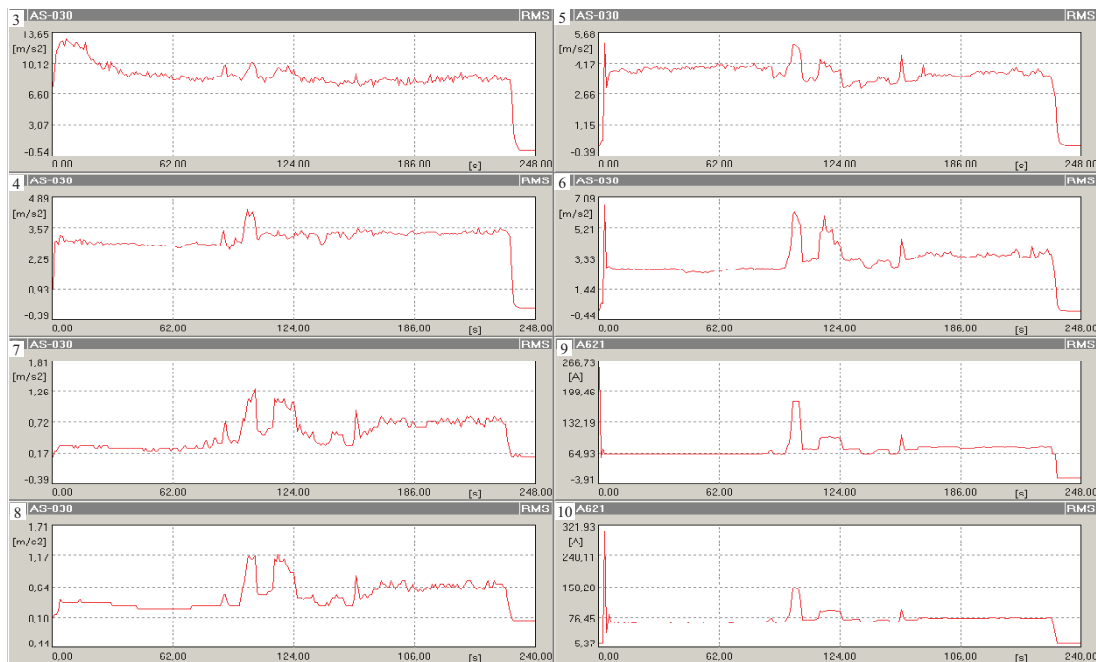
Rys. 4. Drgania rejestrowane na wyłączonym sterze strumieniowym: a) łożysko silnika elektrycznego od strony przekładni, b) łożysko silnika elektrycznego od wolnego końca

Podobną analizę można przeprowadzić dla pozostałych wymienionych sygnałów, jednak we wszystkich wypadkach można wyciągnąć wniosek, że ich wykorzystanie jest możliwe, ale wymaga specjalnego przystosowania. W niektórych przypadkach zastosowanie poszczególnych typów sygnałów

wymaga stworzenia prawie od podstaw metodyki pomiarów i analizy sygnałów. Jest tak na przykład w przypadku przebiegu przyspieszeń kątowych.

Dla sygnałów przyspieszeń drgań, emisji akustycznej oraz natężenia prądu pobieranego przez silnik opracowano koncepcje torów pomiarowych, metod analizy oraz wnioskowania. W odniesieniu do sygnału drganiowego zorientowanego na uszkodzenia przekładni i śródnic koncepcja zakłada pomiar na elementach korpusu dostępnych bez demontażu przekładni. Miejsca zamontowania przetworników nie w pełni odpowiadają tym wyznaczonym na podstawie analizy konstrukcji urządzenia, tj. w miejscach wykazujących związki dynamiczne z miejscami generowania drgań. W przyszłości planuje się zamontowanie na stałe przetworników na diagnozowanych elementach, czyli na łożyskach przekładni. Pozwoli to na uzyskanie pełniejszych informacji o stanie wałów i kół zębatych przekładni.

Pomiar drgań na tak specyficznych obiektach jak stery strumieniowe wymaga również stworzenia nowych systemów pomiaru drgań, jednak istnieje możliwość wykorzystania niektórych elementów istniejących systemów, na przykład przetworników drgań. Problem dużej zmienności obciążeń oraz brak ustabilizowanych warunków pracy można rozwiązać poprzez uwzględnienie obciążenia chwilowego. Aby spełnić to założenie należy opracować system pozyskiwania informacji o obciążeniu chwilowym. Można w tym celu wykorzystać pomiar mocy



Rys. 5. Sygnały mierzone na elementach steru strumieniowego: 3 – przyspieszenia drgań górnego łożyska silnika, 4 – przyspieszenia drgań dolnego łożyska silnika, 5 – przyspieszenia drgań obudowy przekładni w pionie, 6 – przyspieszenia drgań obudowy przekładni w poziomie, 7 – przyspieszenia drgań obudowy przekładni w poziomie, 8 – przyspieszenia drgań tunelu, 9 – natężenie prądu pobieranego przez silnik – I faza, 10 – natężenie prądu pobieranego przez silnik – III faza

elektrycznej, lub wskaźnik obciążenia opracowany na podstawie innych sygnałów, mogą to być sygnały emisji akustycznej [4], sygnał zmian natężenia prądu [3], przebieg momentu skręcającego [3] lub również sygnał drganiowy (w przygotowaniu). Tak pozyskane sygnały drganiowe oraz wskaźniki obciążenia muszą zostać odpowiednio przetworzone w celu uzyskania informacji użytecznych diagnostycznie. Obecna mnogość istniejących i rozwijanych metod analizy sygnałów daje tu duże możliwości. Należy opracować taką metodę analizy, która pozwoli wyznaczyć prostą lub złożoną miarę sygnału drganiowego, która będzie niezależna od obciążenia lub będzie je uwzględniała. Zastosowanie mogą tu znaleźć zaawansowane czasowo – częstotliwościowe metody analizy sygnału nie stosowane dotychczas w diagnostowaniu sterów strumieniowych [4]. Sama analiza na podstawie stworzonych miar musi opierać się na modelach opisujących związki pomiędzy uszkodzeniami poszczególnych elementów a zmianą danej miary. Takie modele oraz bazujące na nich algorytmy wnioskowania dla poszczególnych elementów i układów steru strumieniowego mogą zostać wyznaczone na podstawie analizy uzyskanych wyników pomiarów, analizy konstrukcji oraz znanych modeli. Jeden z opracowanych modeli został przedstawiony w [4]. Opisuje on zależność pomiędzy oddziaływaniem pędnika w tunelu steru strumieniowego, a sygnałem emisji akustycznej mierzonej na poszyciu tunelu. Sygnał zarejestrowany na ścianie tunelu został poddany analizie falkowej, co umożliwiło wydzielenie z niego składowych przejściowych odpowiadających oddziaływaniu poszczególnych płatów śruby. Wielkość oddziaływania według teorii pracy śruby jest zależna również od stanu poszczególnych płatów. Podjęta zostanie próba wykorzystania tego modelu do diagnostowania stanu technicznego płatów śruby.

Celem uzyskania odpowiednich danych planuje się kontynuację eksperymentu biernego, polegającego na okresowych pomiarach wspomnianych sygnałów na czterech sterach strumieniowych promu „Polonia”, konstruowaniu trendu czasowego, wyselekcjonowanych miar i określaniu stanu sterów strumieniowych podczas ich przeglądów i remontów.

6. PODSUMOWANIE

Na przykładzie sterów strumieniowych wskazano na możliwości i problemy występujące przy diagnostowaniu maszyn, które już w niedalekiej przyszłości stanowiąc będą jeden z głównych układów napędowych. O ile mnogość metod i środków diagnostowania istniejących podobnych maszyn lądowych pozwala przypuszczać, że jest to zadanie w dużej części zrealizowane, to konfrontacja ich z rzeczywistymi obiektami pokazuje, że wymagają one modyfikacji oraz konieczne jest tworzenie nowych metod. Jednym z największych utrudnień w procesie diagnostowania tych urządzeń jest brak dostępu i praca w warunkach zmiennego obciążenia.

Wymaga to uwzględnienia każdorazowo chwilowego obciążenia maszyny lub stworzenia metody diagnostowania, której wynik w postaci diagnozy byłby niezależny od obciążenia.

LITERATURA

- [1] Bielawski P.: Diagnostyka procesów zmęzeniowych łożysk ślizgowych i wałów korbowych tłokowych maszyn okrętowych. Przegląd Mechaniczny, nr 4, 2003, s. 32 – 36.
- [2] Bielawski P.: Identification in service & maintenance of marine generators. Jahrbuch der Schiffbautechnische Gesellschaft e.V., 2004 i Kurzreferat in „Schiffen und Haffen“ 6/2004, S. 93.
- [3] Burnos T.: Wykorzystanie sygnałów prądowych w diagnostowaniu sterów strumieniowych. XXXII Ogólnopolskie Sympozjum Diagnostyka Maszyn, Węgierska Górka, marzec 2005.
- [4] Burnos T.: Zastosowanie sygnałów emisji akustycznej w diagnostowaniu sterów strumieniowych. Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie, nr 5(77), Szczecin 2005, s. 155 – 166.
- [5] Buschman u.a.: Der Dampfmotor – Entwicklungsstand und Marktchancen. MTZ 62(2001)5 S. 374 – 384.
- [6] Energie für eine saubere Zukunft. HANSA 140.Jg-2003-Nr. 8, S. 26 – 30.
- [7] Gragen U.: Sicherheit durch Manövrierfähigkeit. Hansa Nr. 9/2004 s. 156 – 157.
- [8] MotorShip 05/2004, s. 28.
- [9] Zukunft aus der Zelle. FTEinfo Nr.42 August 2004, Brussels, S. 7 – 11.



Dr hab. inż. Piotr Bielawski – profesor nadzw. AM jest kierownikiem Zakładu Diagnostyki i Remontów Maszyn Okrętowych Akademii Morskiej w Szczecinie.

Specjalista w dziedzinie nauk technicznych. Tematyka prac naukowych obejmuje metody i sposoby kontroli jakości elementów maszyn, montaż i sprawdzanie jakości montażu maszyn, diagnostykę montażową i obsługową maszyn okrętowych, obsługiwane maszyn okrętowych.



Mgr inż. Tomasz Burnos jest asystentem w Zakładzie Diagnostyki i Remontów Maszyn Okrętowych Akademii Morskiej w Szczecinie.

Zajmuje się problemami obsługiwanie maszyn okrętowych, w szczególności diagnostowaniem napędów elektrycznych.