

Diagnostyka pomiarowa okrętowego zespołu prądowórczego

Zbigniew Matuszczak, Piotr Treichel, Marek Jaśkiewicz

Przedstawiono metodykę pomiarów i rejestracji parametrów eksploatacyjnych zespołu prądowórczego siłowni okrętowej. Miejsca pomiarów przedstawiono na schematach zespołów prądowórczych. Przeprowadzono dyskusję na temat ważności obserwowanych parametrów diagnostycznych do bieżącej oceny stanu technicznego zespołu prądowórczego oraz prognozowania dalszej jego pracy.

Słowa kluczowe: diagnostyka pomiarowa, pomiary, siłownie okrętowe

Wstęp

Do prawidłowej eksploatacji urządzeń technicznych niezbędna jest wiedza o ich aktualnym stanie technicznym, stopniu zużycia poszczególnych podzespołów, jak i zużyciu materiałów eksploatacyjnych. Procesy zużycia i starzenia urządzeń siłowni, jak i uszkodzenia nagłe, prowadzą zmianę stanu technicznego urządzenia ze stanu zdadności do stanu niezdatności lub niepełnej zdadności technicznej [6, 8]. Aby zminimalizować zagrożenia wynikające ze zmiany stanu technicznego należy stan ten kontrolować oraz zadbać o właściwe rozplanowanie czynności obsługowych [5, 13, 14].

Ocena zużycia urządzenia następuje poprzez bezpośrednie badanie jego podzespołów, w tym przez pomiar ich parametrów geometrycznych. Umożliwia to precyzyjną ocenę stopnia zużycia urządzenia oraz wprowadza możliwość oceny porównawczej w odniesieniu do stanu początkowego (nominalnego) oraz stanu granicznego. Badanie bezpośrednie wymaga jednak częściowego lub pełnego demontażu urządzenia, zatem nadaje się do zastosowania w przypadku przeglądów okresowych lub w sytuacjach awaryjnych. Metoda ta nie nadaje się do zastosowania, gdy potrzebne są doraźne informacje o zużyciu urządzenia, a urządzenie znajduje się w ruchu, lub z przyczyn obiektywnych nie istnieje możliwość dokonania przeglądu. Z doświadczeń autorów wynika, że bardzo często okres nieprzerwanej pracy urządzeń siłowni, podyktowany warunkami ich eksploatacji, wynosi 330-500 godzin, a w szczególnych przypadkach może osiągnąć ponad 1000 godzin. Należy zatem w miejsce bezpośredniej oceny stanu technicznego wprowadzić ocenę stanu, która nie wymaga demontażu urządzenia. Oceny takiej dokonuje się na podstawie obserwacji sygnałów związanych z pracą urządzenia, tzw. sygnałowi diagnostycznych, które mogą być opisane poprzez jedną wartość parametru diagnostycznego (sygnału jednowymiarowego) lub za pomocą zbioru wartości wielu parametrów (sygnał wielowymiarowy) [8].

W przypadku urządzeń siłowni okrętowych zbyteczne jest samodzielne wyznaczanie przez eksploatatora parametrów mających pełnić rolę parametrów diagnostycznych oraz ich wartości granicznych i dopuszczalnych. Do opisu stanu technicznego urządzenia służy zbiór parametrów wskazanych przez producenta urządzenia, lub urząd klasyfikacyjny prowadzący nadzór nad budową i eksploatacją statku [1, 2, 8, 9, 10, 14].

1. Zespoły prądowórcze i ich parametry diagnostyczne

Metodyka diagnozowania okrętowego zespołu prądowórczego przedstawiono na przykładzie zespołów prądowórczych, zainstalowanych na serii masowców typu PANAMAX należących do Polskiej Żeglugi Morskiej w Szczecinie. Zespoły te składały się z pomocniczych silników spalinowych typu *Holeby-MAN-B&W 5L23/30* o mocy 650 kW oraz prądnic *HEECO HFCO-506-14K* o mocy 550 kW przy napięciu znamionowym 440 V i częstotliwości 60 Hz. Siłownie wymienionych statków posiadały ponadto system nadzoru i sterowania siłownią. Umożliwiał on nadzór nad pracą urządzeń siłowni (w tzw. trybie siłowni nieobsadzonej) w ściśle określonych, zatwierdzonych przez urzędy klasyfikacyjne przedziałach czasu. W celu zapewnienia bieżącego nadzoru pracy urządzeń siłowni system nadzoru posiadał możliwość pomiaru ponad 500 parametrów technicznych urządzeń i instalacji siłowni. System nadzoru i sterowania siłownią zapewniał pomiar [3]:

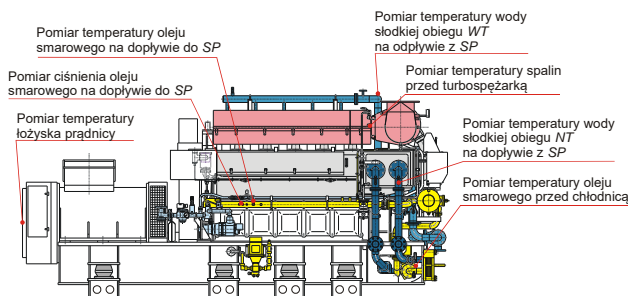
- temperatury i ciśnienia oleju smarowego na dopływie do silnika,
- temperatury oleju smarowego na ssaniu pompy obiegowej,
- ciśnienia wody chłodzącej na dopływie do silnika (bloku cylindrowego),
- temperatury wody chłodzącej na odpływie z silnika,
- temperatury spalin przed turbosprężarką,
- temperatury łożyska prądnicy,
- temperatury uzwojeń prądnicy.

System nadzoru posiadał również możliwość sygnalizacji następujących zdarzeń:

- aktywowania zabezpieczenia od niskiego ciśnienia oleju smarowego na dopływie do silnika,
- aktywowania zabezpieczenia od nadobrotów silnika,
- aktywowania zabezpieczenia od wysokiej temperatury wody chłodzącej,
- niskiego ciśnienia powietrza rozruchowego,

- uszkodzenia systemu wspomagania turbosprężarki *Turbo-Jet*,
- niskiego ciśnienia paliwa na dopływie do silnika,
- wysokiego poziomu w zbiorniku przecieków paliwa,
- wysokiej różnicy ciśnień na filtrze oleju smarowego,
- braku przepływu oleju smarowego podczas przesmarowania wstępnego,
- niskiego poziomu oleju smarowego.

Rozmieszczenie punktów pomiarowych dla poszczególnych parametrów zespołów prądotwórczych przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Widok zespołu prądotwórczego, z zaznaczonym rozmieszczeniem punktów pomiarowych ważniejszych parametrów eksploatacyjnych [11]

Niezależnie od parametrów rejestrowanych przez system nadzoru i sterowania siłownią, istniała możliwość lokalnego pomiaru takich parametrów, jak: ciśnienie i temperatura powietrza doładowującego, prędkości obrotowej turbosprężarki, temperatury wody chłodzącej na dopływie i wypływie z chłodnicy powietrza doładowującego, czy też temperatur wody chłodzącej i spalin z poszczególnych cylindrów silnika.

2. Znaczenie bieżącej oceny stanu technicznego zespołu prądotwórczego podczas eksploatacji siłowni okrętowej

Siłownia okrętowa stanowi zespół silników cieplnych, mechanizmów i urządzeń, których celem jest realizacja stawianych przed siłownią zadań. Należą do nich m.in. wytwarzanie energii mechanicznej, elektrycznej i cieplnej oraz przekazanie tej energii na potrzeby urządzeń napędowych statku, do urządzeń pomocniczych oraz do obiektów zlokalizowanych poza siłownią. Z prowadzonych przez autorów obserwacji wynika, że utrzymanie stanu zdadności eksploatacyjnej urządzenia siłowni okrętowej zależy zarówno od przestrzegania dedykowanej mu strategii obsługi, jak i od stopnia autonomiczności pracy danego urządzenia. Stopień ten jest zmienny i ściśle zdeterminowany zadaniami realizowanymi przez urządzenie. Należy mieć na uwadze, że wpływ uszkodzeń, powstałych w poszczególnych urządzeniach, na realizację podstawowych zadań siłowni, jest różny: począwszy od uniemożliwienia realizacji wybranego zadania, poprzez ograniczenie wielkości parametrów wyjściowych danego urządzenia, do ograniczenia czasu eksploatacji włącznie. Z uwagi na dużą zależność funkcjonalną pomiędzy wieloma urządzeniami siłowni, uszkodzenie powstające w jednym urządzeniu może oddziaływać poprzez różne układy funkcjonalne na tworzenie się stanów niezdatności lub niepełnej zdadności innych urządzeń siłowni.

Oceniając znaczenie zespołów prądotwórczych w eksploatacji siłowni, można stwierdzić, że wykazują one duży wpływ na jej funkcjonowanie. Dzieje się tak z uwagi na zastosowanie energii elektrycznej do napędu urządzeń realizujących inne zadania siłowni, lub do zapewnienia funkcjonowania ich instalacji pomocniczych. Zatem pojawienie się uszkodzenia w zespole prądotwórczym, może doprowadzić do ograniczenia zdolności realizacji przez siłownię innych zadań, a zwłaszcza zadań napędowych statku. Zatem należało ocenić, które z mierzonych parametrów diagnostycznych pozwalają na identyfikację zmian stanu zespołu prądotwórczego pod kątem funkcjonowania napędu statku. Przyjęto trzystopniową intensywność oddziaływania: niebezpieczeństwo natychmiastowej utraty zdolności napędowych, ograniczenie zdolności manewrowych napędu statku oraz ograniczenie parametrów wyjściowych lub czasu pracy napędu. Wyniki analizy przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Zestawienie parametrów diagnostycznych zespołów prądotwórczych, których lub wartości dopuszczalne i graniczne (podane przez wytwórcę) służą do klasyfikacji stanów urządzeń

Jak można stwierdzić w pięciu przypadkach mierzone parametry pozwalały na stwierdzenie niebezpieczeństwa natychmiastowej utraty przez siłownię zdolności napędowych statku. Wszystkie te przypadki wiązały się z zagrożeniem awaryjnego zatrzymania zespołu prądotwórczego w czasie krótszym niż czas potrzebny do uruchomienia zespołu rezerwowego. Podczas obserwacji prowadzonych na statkach, stwierdzono, że większość tych krytycznych dla funkcjonowania siłowni parametrów była właściwie analizowana. Stwierdzono jednak przypadki awaryjnego zatrzymania zespołów prądotwórczych na skutek zadziałania zabezpieczenia od niskiego poziomu oleju smarowego w silniku. Zdarzenia takie miały miejsce tam, gdzie w celu wydłużenia możliwego czasu pracy zespołu prądotwórczego oczyszczano olej smarowy z wykorzystaniem wirówek. W efekcie niewłaściwa praca wirówki doprowadzała do ubytku oleju w silniku w bardzo krótkim czasie. Zdaniem autorów rozwiązaniem tego problemu był by pomiar i rejestracja aktualnego poziomu oleju w silniku.

Wnioski

Dokonana analiza możliwości diagnozowania okrętowych zespołów prądotwórczych z wykorzystaniem istniejących na statkach rozwiązań technicznych wykazała, że istnieje niewykorzystany potencjał, którym dysponują systemy nadzoru i sterowania siłownią. Możliwość długotrwałego pomiaru wszystkich ważniejszych parametrów eksploatacyjnych siłowni oraz rejestracji ich wartości w postaci numerycznej, jak dotąd praktycznie nie wykorzystywana, stwarza możliwości szerokiego zastosowania metod prognozowania w procesie eksploatacji siłowni okrętowych. Pozwoli to na szybszą identyfikację zdarzeń, w których uszkodzenie lub zakłócenie pracy urządzenia powoduje odstępstwo od przebiegu zmian parametru wynikającego z przebiegu procesów zużycia. Przedstawione powyżej idee wymagają jednak dalszych badań.

Bibliografia

1. Bielawski P.: *Agregaty okrętowe – możliwości diagnozowania celem planowania remontów*. Zeszyty Naukowe WSM Nr 66. Szczecin, 2002, s. 81-90.
2. Dąbrowska-Kauf G.: *Podiagnostyczne metody oceny stanu technicznego*. IV Krajowa konferencja „Diagnostyka Techniczna Urządzeń” diag’98. Szczecin-Międzyzdroje-Ystad, 1998. Tom 2, s. 89-94.
3. Dokumentacja techniczna statków: *BWR934, BWR936, BWR937*.
4. Chybowski L., Matuszak Z., Reliability importance analysis of marine technical systems elements. *AUTOBUSY – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe* 2010, nr 6.
5. Kluj S.: *Diagnostyka urządzeń okrętowych*. Studium Doskonalenia Kadr WSM w Gdyni. Gdynia, 2000.
6. Łuczak A., Mazur T.: *Fizyczne starzenie elementów maszyn*. Wydawnictwo Naukowo Techniczne. Warszawa, 1981.
7. Matuszak Z., Problemy badania niezawodności silowni transportowych obiektów oceanotechnicznych. *AUTOBUSY – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe* 2010, nr 6.
8. Niziński S., Michalski R. *Diagnostyka obiektów technicznych*. Wydawnictwo i Zakład Poligrafii Instytutu Technologii Eksploatacji. Radom, 2002.
9. Niziński S., Michalski R. *Diagnostyka urządzeń mechanicznych*. Wydawnictwa Naukowo Techniczne. Warszawa, 1980.
10. Pietrzyk A., Uhl T.: *Optymalizacja eksploatacji maszyn i urządzeń*. Diagnostyka, vol. 26. Polskie Towarzystwo Diagnostyki Technicznej. Warszawa, 2002, s. 29-36.
11. *Project planning Manual for Marine GenSets. L23/30, L23/30H-900 rpm*. Edition 01S. Holeby Generating Sets. September 1991.
12. Witkowski K., Badania wpływu wybranych uszkodzeń silników okrętowych na parametry pracy silnika i skład spalin. *AUTOBUSY – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe* 2010, nr 4.
13. Włodarski J.K.: *Tłokowe solniki spalinowe procesy trybologiczne*. WKiŁ. Warszawa, 1982.
14. Żółtowski B.: *Podstawy diagnostyki maszyn*. Wydawnictwo Uczelniane Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy. Bydgoszcz, 1996.

Autorzy:

Zbigniew Matuszak - Akademia Morska w Szczecinie, ul. Wały Chrobrego 1-2, 70 500 Szczecin, Polska, e-mail: zbimat@am.szczecin.pl

Piotr Treichel - Akademia Morska w Szczecinie, ul. Wały Chrobrego 1-2 , 70 500 Szczecin, Polska., e-mail: treichel@am.szczecin.pl

Marek Jaśkiewicz - Politechnika Świętokrzyska w Kielcach, Al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7 , 25-314 Kielce, Polska., e-mail: m.jaskiewicz@tu.kielce.pl

Analysis and evaluation of selected problems of bicycle traffic safety in Szczecin

Methods of measuring and recording of operating parameters of marine power plant generating set are presented. Measuring points are shown in generating sets diagrams. The importance of diagnostic parameters observed is considered in reference to current evaluation of the technical condition of a generating set and forecasting its further performance.

Key words: measurement diagnosis, record, generating set.