

Paweł WIRKOWSKI¹

OKRĘTOWY TURBINOWY SILNIK SPALINOWY LM 2500 JAKO OBIEKT BADAŃ EKSPLOATACYJNYCH W STANACH USTALONYCH

Dążenia do zwiększenia efektywności eksploatacji wszelkiego typu silników wymuszają poszukiwania nieokreślonych dotychczas bądź doskonalenia istniejących sposobów utrzymania najbardziej ekonomicznej ich pracy. W związku z powyższym przeprowadzone zostały badania, których celem było zidentyfikowanie okrętowego systemu kontrolno-pomiarowego silnika LM 2500, utworzenie bazy danych parametrów charakteryzujących jego pracę oraz opracowanie charakterystyk eksploatacyjnych silnika dla potrzeb diagnozowania. Wyniki tych badań pozwolą na opracowanie metody wnioskowania diagnostycznego o stanie technicznym silnika na podstawie pomiaru parametrów eksploatacyjnych.

MARINE GASTURBINES LM 2500 AS OBJECT OF EXPLOITATION'S RESEARCH IN STEADY CONDITIONS OF WORK

In this paper there is presented test of working out one of the methods of determination of the technical condition of the gasturbine LM 2500 inner parts.

Aspirations for increase of the efficiency of exploitation all engines extort to search indefinite up to the present or to improve of existing methods of the keeping the most economic work of engines. Taking into account there were realized researches in order to identification of the ship's control system of the gasturbine LM 2500, making data base of the exploitation parameters and realization of exploitation characteristics for needs of diagnosing. Results of these researches gave possibility to realize the method of diagnosing conclusion about technical condition of the gasturbine on the base of the exploitation parameters measurement.

1. WPROWADZENIE

Zwiększenie efektywności eksploatacji wszelkiego typu silników wymusza poszukiwania nieokreślonych dotychczas bądź doskonalenia istniejących sposobów utrzymania jak najbardziej ekonomicznej pracy tych silników. Problem ten dotyczy również okrętowe turbinowe silniki spalinowe będące na wyposażeniu Marynarki Wojennej RP.

¹Akademia Marynarki Wojennej, Wydział Mechaniczno-Elektryczny, 81-103 Gdynia, ul. Śmidowicza 69,
Tel: +48 058 626 27 56, e-mail: p.wirkowski@amw.gdynia.pl

W związku z powyższym przeprowadzone zostały badania, których celem było zidentyfikowanie okrętowego systemu kontrolno-pomiarowego silnika LM 2500, utworzenie bazy danych parametrów charakteryzujących jego pracę, opracowanie charakterystyk eksploatacyjnych badanego silnika w stanach ustalonych. Wyniki tych badań pozwolą na opracowanie metody wnioskowania diagnostycznego o stanie technicznym silnika na podstawie pomiaru parametrów eksploatacyjnych.

Dla potrzeb badań w Instytucie Konstrukcji i Eksploatacji Okrętów AMW skonstruowany został przenośny system pomiarowo-rejestracyjny SENG AIO 661, umożliwiający jednoczesny pomiar i rejestrację parametrów eksploatacyjnych najbardziej charakteryzujących pracę silnika turbinowego LM 2500.

2. OBIEKT BADAŃ

Silniki turbinowe LM 2500 są opomiarowane czujnikami, które zapewniają zdalny monitoring każdego silnika, jego modułu oraz systemu smarowania silnika oraz chłodzenia i oczyszczania oleju smarującego. Czujniki temperatury, prędkości obrotowej i drgań generują bezpośredni elektryczny sygnał wyjściowy. Czujniki ciśnienia wyposażone są w przetworniki do zamiany wartości ciśnienia na odpowiednie sygnały elektryczne. Odczyty z czujników są transmitowane do systemu kontroli bezpośrednio lub poprzez wolnostojącą szafę elektroniczną.

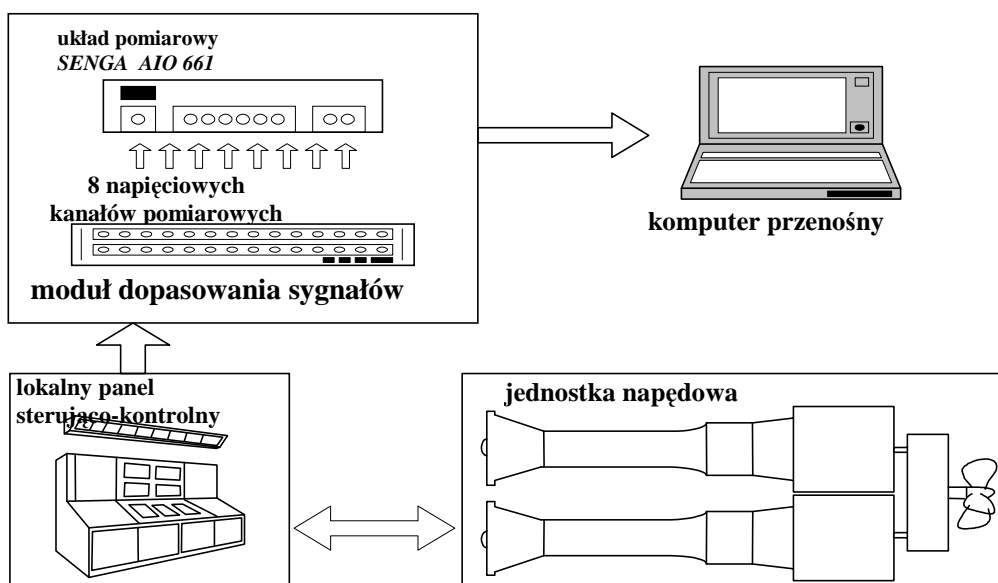
System okrętowy umożliwia pomiar m.in. następujących parametrów charakteryzujących pracę badanego silnika:

- ciśnienie powietrza na wlocie do sprężarki
- ciśnienie powietrza za sprężarką
- ciśnienie spalin na wlocie do turbiny napędowej
- temperatura powietrza na wlocie do sprężarki
- temperatura spalin na wlocie do turbiny napędowej
- prędkość obrotowa wirnika turbiny napędowej
- prędkość obrotowa wirnika wytwornicy spalin
- ciśnienie paliwa przed wtryskiwaczami

Okrętowy system pomiarowy uniemożliwia rejestrację wszystkich parametrów pracy silnika LM 2500 w tej samej chwili. Zapis wartości parametrów jest rozciągnięty w kilkuminutowym przedziale czasu, przy czym wartość każdego rejestrowanego parametru jest archiwizowana z chwili jego zapisu. Oznaczać to może, że w chwili zapisu wartości kolejnych rejestrowanych parametrów mogą istnieć odmienne warunki pracy silnika w stosunku do warunków odpowiadających wartościom wcześniej zapisanych parametrów.

W takiej sytuacji wnioskowanie o stanie technicznym silnika na podstawie analizy parametrów charakteryzujących jego pracę jest obarczone błędem wynikającym z niezachowania jednakowych warunków badań. Powyższy system rejestracji w pełni wyklucza możliwość wykonywania badań silników w stanach przejściowych tj. akceleracja, deceleracja czy też rozruch, podczas których występuje gwałtowna zmiana wartości poszczególnych parametrów.

Rozwiązaniem problemu jednoczesnego pomiaru i rejestracji wyselekcjonowanych parametrów eksploatacyjnych najbardziej charakteryzujących pracę silnika turbinowego LM 2500 było skonstruowanie przenośnego komputerowego systemu pomiarowo-rejestracyjnego SENG AIO 661, przedstawionego na Rys. 1. Funkcjonowanie systemu oparte jest na procesorze sygnałowym i umożliwia jednoczesny pomiar dwunastu parametrów z częstotliwością próbkowania od 50 Hz do 80 kHz z podziałem na dwanaście kanałów. Oznacza to, że każdy parametr może być rejestrowany w zakresie co $0,24 \pm 0,00015$ sekundy.



Rys. 1. Schemat przepływu sygnałów pomiarowych systemu pomiarowo-rejestracyjnego SENG AIO 661

Opracowany system podczas wykonywania pomiaru przechowuje zarejestrowane wartości parametrów w pamięci wewnętrznej, a po zakończeniu cyklu pomiarowego przesyła je do komputera przenośnego, gdzie poddawane są obróbce numerycznej. Obecnie system jest w stanie mierzyć parametry pracy silnika przedstawione w Tab. 1.

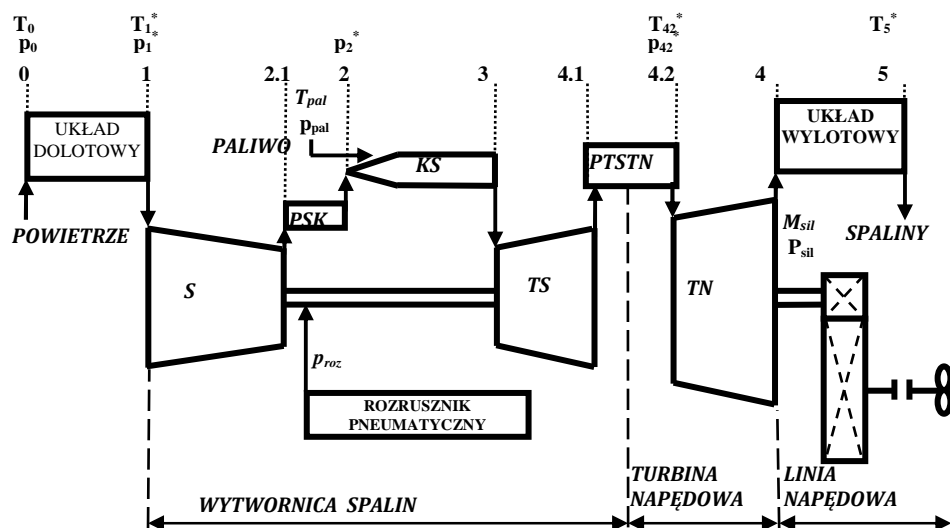
Wykonany system pomiarowo-rejestracyjny nie jest strukturą zamkniętą. Istnieje możliwość jego rozbudowy o kolejne kanały pomiarowe w zależności od potrzeb badań eksploatacyjnych. Rozbudowa systemu pozwoli na jednoczesną rejestrację wartości parametrów charakteryzujących pracę wszystkich silników okrętowego układu napędowego.

Tab. 1. Parametry mierzone przy wykorzystaniu systemu SENG AIO 661

Nr toru	Oznaczenie	Zakres	Opis
1	N_{GG}	$0 \div 12000 \text{ min}^{-1}$	Prędkość obrotowa wytwornicy spalin
2	N_{PT}	$0 \div 5000 \text{ min}^{-1}$	Prędkość obrotowa turbiny napędowej
3	P_1	$0 \div 0,11 \text{ MPa}$	Ciśnienie powietrza na wlocie do sprężarki
4	P_2	$0 \div 2,07 \text{ MPa}$	Ciśnienie powietrza na wyjściu za sprężarką
5	P_{42}	$0 \div 0,517 \text{ MPa}$	Ciśnienie spalin na wlocie do turbiny napędowej
6	T_1	$-40 \div 65,6 \text{ } ^\circ\text{C}$	Temperatura powietrza na wlocie do sprężarki
7	T_{42}	$0 \div 1090 \text{ } ^\circ\text{C}$	Temperatura spalin na wlocie do turbiny napędowej
8	P_{pal}	$0 \div 104 \text{ MPa}$	Ciśnienie paliwa przed wtryskiwaczami
9	Starter ON	1/0	Sygnal początku i końca pracy rozrusznika

3. OPRACOWANIE CHARAKTERYSTYK EKSPLOATACYJNYCH

Pomiary parametrów termogazodynamicznych czynnika roboczego dokonane w charakterystycznych przekrojach kontrolnych silnika są istotnym źródłem informacji diagnostycznej o stanie struktury konstrukcyjnej jego części przepływowej. Na Rys. 2 przedstawiony jest schemat ideowy silnika LM 2500 z zaznaczonymi przekrojami kontrolnymi części przepływowej. Na schemat naniesione zostały również miejsca zamontowania czujników pomiarowych parametrów, mierzonych z wykorzystaniem standardowego systemu kontrolno-pomiarowego okrętu oraz przenośnego komputerowego systemu pomiarowo-rejestrującego SENG AIO 661.



Rys. 2. Schemat ideowy silnika LM 2500 z zaznaczonymi przekrojami kontrolnymi części przepływowej; S – sprężarka, PSK – przestrzeń pomiędzy sprężarką a komorą

Rys. 3. Zmiana prędkości obrotowej wytwornicy spalin w funkcji mocy na linii wału dla poszczególnych obserwacji

4. WNIOSKI

Obiektywna ocena stanu technicznego silnika turbinowego będącego w eksploatacji możliwa jest w wyniku przeprowadzenia pomiarów i analizy dostatecznie dużej liczby pomiarów.

Przeprowadzone badania umożliwiły określenie zmian rozpatrywanych parametrów pracy silnika LM 2500 w zależności od stanu zanieczyszczenia jego kanałów przepływowych. Najbardziej wartościowymi pod względem przekazywanej informacji diagnostycznej są następujące parametry: ciśnienie powietrza za sprężarką, ciśnienie i temperatura spalin przed turbiną napędową, prędkości obrotowe wytwornicy spalin i turbiny napędowej oraz ciśnienie paliwa przed wtryskiwaczami.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Dzygadlo Z.: *Napędy Lotnicze. Zespoły wirnikowe silników turbinowych*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1982..
- [2] Wiencjulis Ł.C., Rybałko W.W., Marczukow N.A.: *Turbinist flota, Wojennoje Izdatielstwo*, Moskwa, 1988.
- [3] Wirkowski P.: *Influence of axial compressor flow passage geometry changes on gas turbine engine work parameters*, VI International Scientifically-Technical Conference POLISH CIMAC "Explo-Diesel & Gas Turbine '09", Gdańsk 2009.
- [4] *LM2500 Marine Gas Turbine Pocket Guidebook*.