

POSSIBILITIES TO MAKE USE OF INDEX MEASUREMENT OF DIESEL ENGINE FUEL INJECTOR'S PUMPS RACK'S ADJUSTMENT

Jerzy Herdzik

Gdynia Maritime University
Maritime Power Plant Department
81/87 Morska str.; 81-226 Gdynia, Poland
tel. +48 58 6901430, fax +48 58 6901399
georgher@am.gdynia.pl

Abstract

In this article it was introduced the possibilities, wider than at present applied, the utilization of fuel rack's adjustment index of the injector's pumps. It is then the parameter of work the combustion engine, which a measurement is in simple way, and its meaning, in some supervising the work of engine arrangements, is marginal at present. The registration of fuel rack's adjustment index of the injector's pumps permits to estimate in time the change of load, to estimate the quantity the used fuel, to estimate the dynamics of changes of load and the reactions of engine on these changes (after regard in the same time the changes of rotatory speed of engine) - it can serve to diagnostic aims. Since the dose of fuel on cycle of work of engine depends from the fuel rack's adjustment index of the injector's pumps, it marks this the strong relationship between quantity of injected fuel to engine and this index. Making continuous measurement of this index (as well as after its periodical calibrating - for example in a result of real fuel consumption measurement in the same time - during working with continuous speed engine), it was can mark through engine specific, hourly and total fuel consumption - it can serve to indirect marking the fuel consumption. In case of parallel work of engines, the index of the fuel rack's adjustment of the injector's pumps was can use to differentiating of their loads in aim to achieve the lowering of total fuel consumption. Article suggests fuller utilization this index. It was mentioned and justified, that it is possible.

Keywords: diesel engines, fuel injector's pump, fuel pump rack index, diagnostics, fuel consumption

MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA WYNIKÓW POMIARU WSKAŹNIKA NASTAWY POMP WTRYSKOWYCH SILNIKÓW SPALINOWYCH

Streszczenie

W artykule przedstawiono możliwości, szerszego niż obecnie stosowane, wykorzystania wskaźnika nastawy pomp wtryskowych. Jest to parametr pracy silnika spalinowego, który jest w prosty sposób mierzalny, a obecnie jego znaczenie, w niektórych układach nadzorujących pracę silnika, jest marginalne. Rejestracja wskaźnika nastawy pomp wtryskowych pozwala ocenić zmiany obciążenia w czasie, oszacować ilość zużytego paliwa, ocenić dynamikę zmian obciążenia i reakcje silnika na te zmiany (po uwzględnieniu zmian prędkości obrotowej silnika w tym samym czasie) – może służyć do celów diagnostycznych. Skoro dawka paliwa na cykl pracy silnika zależy od wskaźnika nastawy pomp wtryskowych, oznacza to silny związek między ilością wtryskiwanego paliwa do silnika, a tym wskaźnikiem. Dokonując ciągłego pomiaru tego wskaźnika (oraz po jego okresowym skalowaniu np. w wyniku pomiaru w tym samym czasie rzeczywistego zużycia paliwa przez silnik pracujący ze stałą prędkością obrotową), można wyznaczać jednostkowe, godzinowe i sumaryczne zużycie paliwa przez silnik. – może służyć do pośredniego wyznaczania zużycia paliwa. W przypadku pracy równoległej silników na wspólną sieć, wskaźnik nastawy pomp wtryskowych można wykorzystać do różnicowania obciążeń w celu obniżenia sumarycznego zużycia paliwa. Artykuł sugeruje pełniejsze wykorzystanie tego wskaźnika.

Słowa kluczowe: silniki spalinowe, pompa wtryskowa, wskaźnik nastawy pomp, diagnostyka, zużycie paliwa

1. Wstęp

Powszechnie stosowane są wskaźniki nastawy pomp wtryskowych silników spalinowych. Występować mogą one w postaci:

- podziałki, względem której przesuwa się dźwignia (ciężno) nastawy pomp wtryskowych;
- wychylenia dźwigni sterującej nastawą pomp wtryskowych w regulatorze prędkości obrotowej;
- kąta obrotu dźwigni jw.

Pomiar tego wskaźnika może odbywać się w sposób „ręczny” - poprzez okresowy odczyt ze wskaźnika np. w centrali manewrowo-kontrolnej. W nowoczesnych siłowniach, w których rejestruje się parametry pracy silnika, zapisuje się również wartość wskaźnika nastawy pomp wtryskowych.

2. Wykorzystanie wyników pomiaru wskaźnika nastawy pomp wtryskowych

Wskaźnik nastawy pomp wtryskowych wykorzystywano powszechnie do pośredniej oceny obciążenia silnika, bowiem wartość tego wskaźnika jest wprost proporcjonalna (prawie liniowo [2,3,9]) z dawką paliwa na cykl pracy silnika. W rezultacie istnieje silny związek między momentem obrotowym rozwijanym przez silnik a wskaźnikiem nastawy pomp wtryskowych [3].

Wskaźnik służy do zabezpieczenia silników przed przeciążeniem momentem obrotowym. W silnikach, w których nie mierzy się bezpośrednio momentu obrotowego np. momentomierzami, do celów tych wykorzystuje się wskaźnik nastawy pomp wtryskowych. Ustala się położenie wskaźnika, które odpowiada 90%, 100% i 110% momentu nominalnego. Ponadto ustawia się maksymalne wychylenie dźwigni regulacyjnej nastawy pomp wtryskowych tzw. zderzak. Ogranicza to możliwość przeciążenia silnika w stanach przejściowych, ale zarazem zmniejsza dynamikę jego obciążeń (szybkość reakcji na zmianę obciążenia) – silnik wolniej dostosowuje się do obciążenia.

3. Wykorzystanie diagnostyczne wskaźnika nastawy pomp wtryskowych

Skoro wskaźnikiem nastawy pomp wtryskowych można posłużyć się do pośredniego wyznaczania momentu obrotowego rozwijanego przez silnik, a zarazem moment obrotowy (lub równoważne mu średnie ciśnienie efektywne) jest podstawowym elementem oceny wskaźników obciążeń cieplnych (np. kryterium obciążeń cieplnych Kostina [5]) – w rezultacie, z pewnym błędem i przybliżeniem – do celów oceny obciążeń cieplnych wykorzystać można również wskaźnik nastawy pomp wtryskowych.

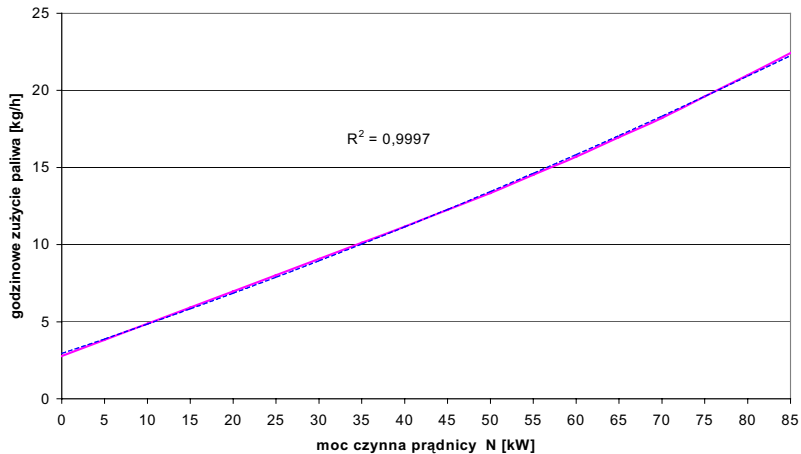
Wskaźnik nastawy pomp wtryskowych powszechnie rejestruje się (jako jeden z istotnych parametrów pracy silnika) podczas jego indykowania. Wskaźnik ten pozwala na głębszą analizę procesów cieplnych zachodzących w komorze spalania silnika. Niesprawności zmniejszające sprawność silnika powodują konieczność zwiększenia dawki paliwa na cykl pracy silnika powodując zwiększenie wskaźnika nastawy pomp wtryskowych.

Wskaźnik ten po remoncie pomp wtryskowych lub regulacji regulatora prędkości obrotowej może ulec drobnym zmianom. W rezultacie czynności, które mogą wskaźnik nastawy pomp wtryskowych zmienić, winny być odnotowywane. W razie potrzeby może on być ponownie skalowany, aby jego użyteczność nie ulegała zmianie po przeprowadzonym remoncie.

Rejestracja w czasie wskaźnika nastawy pomp wtryskowych pozwala ocenić zmiany obciążenia w czasie, oszacować ilość zużytego paliwa, ocenić dynamikę zmian obciążenia i reakcje silnika na te zmiany (po uwzględnieniu zmian prędkości obrotowej silnika w tym samym czasie).

4. Możliwości pomiaru zużycia paliwa poprzez pomiar wskaźnika nastawy pomp wtryskowych

Skoro dawka paliwa na cykl pracy silnika zależy od wskaźnika nastawy pomp wtryskowych, oznacza to silny związek między ilością wtryskiwanego paliwa do silnika, a tym wskaźnikiem. Dokonując ciągłego pomiaru tego wskaźnika (oraz po jego okresowym skalowaniu np. w wyniku pomiaru w tym samym czasie rzeczywistego zużycia paliwa przez silnik pracujący ze stałą prędkością obrotową), można wyznaczać jednostkowe, godzinowe i sumaryczne zużycie paliwa przez silnik (Rys.1., Rys.2.) [4]. Związek pomiędzy wskaźnikiem nastawy pomp wtryskowych a chwilowym (lub jednostkowym) zużyciem paliwa, który jest zależnością zbliżoną do liniowej, jest wykorzystywany sporadycznie. Może to ulec w przyszłości zmianie ze względu na prostotę pomiaru i potrzebę wykorzystania informacji o aktualnym zużyciu paliwa.

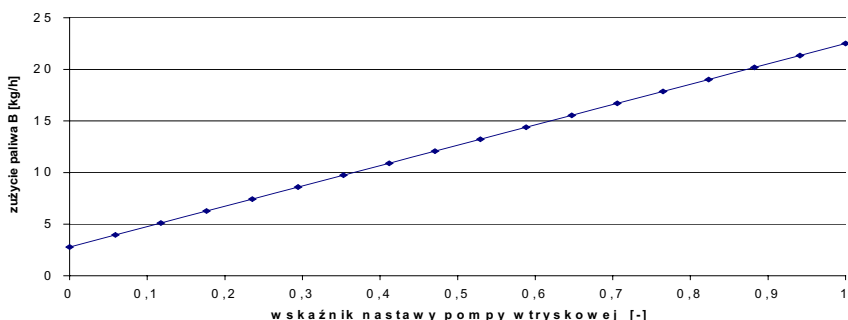


Rys. 1. Charakterystyka obciążeniowa godzinowego zużycia paliwa przez zespół prądotwórczy CAT3304+SR4 według pomiarów na hamowni

Fig. 1. Fuel consumption characteristics by genset CAT3304+SR4 according to the measures on the test bed

Aproksymacja, godzinowego zużycia paliwa „B” w zależności od obciążenia prądnicy mocą czynną „N” wyrażaną w [kW], wielomianem stopnia drugiego ma postać:

$$B = 0,0005 \cdot N^2 + 0,1854 \cdot N + 2,9487 \text{ [kg/h]}$$



Rys. 2. Godzinowe zużycie paliwa przez silnik CAT 3304 w zależności od wskaźnika nastawy pomp wtryskowych

Fig. 2. Fuel consumption by engine CAT 3304 depending on index of fuel rack adjustment

Zakładając stałą sprawność wolumetryczną pomp wtryskowych w zakresie obciążeń 20-100% mocy znamionowej można przyjąć liniową zależność pomiędzy chwilowym (lub jednostkowym) zużyciem paliwa [3], co pozwala posługiwać się wartością wskaźnika nastawy pomp wtryskowych zamiast bezpośredniego pomiaru zużycia paliwa. Może to być słuszne założenie, bowiem pomiar wskaźnika nastawy pomp wtryskowych ze względu na pomiar długości lub kąta może być dokonany z większą dokładnością (można ocenić go na poziomie 0,1%) w stosunku do dokładności pomiaru chwilowego natężenia przepływu paliwa (przepływomierze w warunkach optymalnych osiągają dokładność pomiaru rzędu 0,5%, w warunkach okrętowych należy oczekiwać dokładności rzędu 2%).

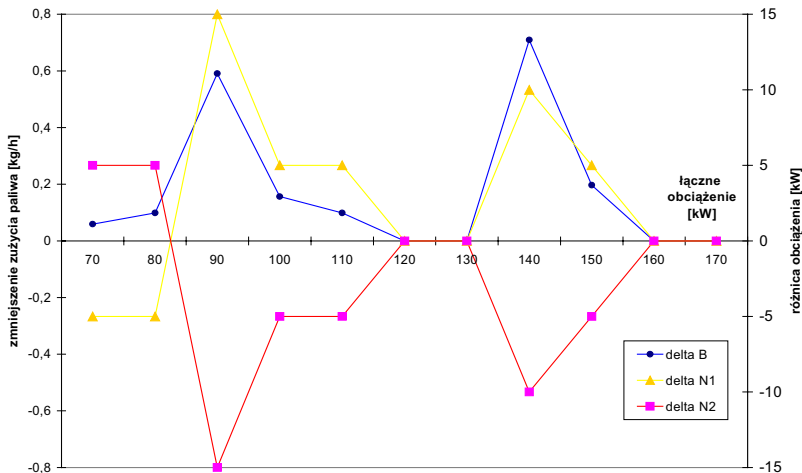
W przypadku wyskalowania wskaźnika nastawy pomp wtryskowych oraz zasilania silników paliwem z tego samego zbiornika rozchodowego – oszacowanie zużycia paliwa poprzez pomiar wskaźnika nastawy pomp wtryskowych i przeliczenie go na chwilowe zużycie paliwa – może być dokonane ze znacznie większą dokładnością niż poprzez bezpośredni pomiar zużycia paliwa za pomocą przepływomierzy (metoda wagowa na statkach jest ze względów praktycznych niestosowana) [2,4,7].

5. Możliwości zmniejszenia sumarycznego zużycia paliwa silników pracujących równolegle

W wyniku przeskalowania wskaźnika nastawy pomp wtryskowych na chwilowe zużycie paliwa przez badany silnik, można pokusić się o próbę różnicowania obciążeń silników pracujących równolegle, mające na celu zmniejszenie sumarycznego zużycia paliwa.

Obecną praktyką jest podział obciążeń między silniki pracujące równolegle proporcjonalnie do ich mocy znamionowej, co oznacza, że w przypadku silników o tej samej mocy – obciąża się je „po równo”.

Ma to uzasadnienie związane m.in. z dawniej stosowanymi układami automatyki, które proporcjonalnie do- lub odciążają silniki pracujące równolegle. Stosowane systemy zarządzania mocą (z ang. Power Management System PMS) [1,8] z reguły dobierają liczbę pracujących silników do aktualnego sumarycznego obciążenia, ale powszechnie nie różnicują ich obciążeń.



Rys. 3. Przykład różnicowania obciążeń dwóch silników zespołów prądowców przy pracy równoległej, wykorzystujący możliwości zmniejszenia sumarycznego zużycia paliwa

Fig. 3. An example of two gensets load differentiation during parallel work to make use possibilities of total fuel consumption decreasing

W wypadku elektronicznego sterowania silników poprzez przystawki elektroniczne

tradycyjnych regulatorów prędkości obrotowej lub elektroniczne regulatory prędkości obrotowej możliwa jest „natychmiastowa” analiza (w czasie rzeczywistym) obciążeń i taki podział obciążeń między silniki pracujące równolegle, że zapewni to zminimalizowanie sumarycznego zużycia paliwa. Takie rozważania były już podejmowane [4,6].

Przykład zastosowania tej metody przedstawiono na rys.3.

Metoda przynosi korzyści związane ze zmniejszeniem sumarycznego zużycia paliwa, ale możliwości jakie ona stwarza mogą być wykorzystane do innych celów np. utrzymywania określonego obciążenia na wybranym silniku, natomiast pozostałe przejmują obciążenia związane ze zmianami sumarycznego obciążenia.

6. Uwagi końcowe

Wskaźnik nastawy pomp wtryskowych zawiera bardzo wiele informacji, szczególnie w połączeniu z innymi parametrami pracy silnika. Można uznać, że nie jest dotychczas doceniana jego wartość informacyjna. Możliwości poszerzenia jego wykorzystania przedstawiono w referacie i są one możliwe do wykorzystania praktycznego. Jest to jedna z najprostszych i najtańszych (praktycznie bezinwestycyjnych) metod poszerzenia dostępnych danych do analizy pracy silnika, jak również jego aspektów energetycznych, w tym sumarycznego zużycia paliwa na wykonanie założonej ilości pracy (energii).

Literatura

- [1] Balcerski, A., *Niektóre problemy właściwego doboru okrętowych zespołów prądowórczych*, IV Sympozjum Siłowni Okrętowych, Politechnika Szczecińska, Szczecin 1981.
- [2] Balcerski, A., *Siłownie okrętowe*, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 1990.
- [3] Grzywacz, S., Stępnik, A., *Ocena zmian sprawności ogólnej silnika wysokoprężnego w oparciu o wskaźnik napelnienia pomp wtryskowych*, X Sympozjum Paliw Płynnych i Produktów Smarowych w Gospodarce Morskiej, Jarosławiec 1993.
- [4] Herdżik, J., *Metoda zmniejszenia zużycia paliwa przez elementy okrętowego układu energetycznego pracujące równolegle*, praca doktorska, Politechnika Gdańska, Gdańsk 2001;
- [5] Piotrowski, I., Witkowski, K., *Okrętowe silniki spalinowe*, Trademar, Gdynia 1996.
- [6] Siewastianow, R. A., *Optimizacija režimow parallelno rabotajuszczich sudowych dizielnych ustanovok*, praca doktorska, Odiesskoje Wyższeje Inżyniernoje Morskoje Ucziliszcze im. Leninskiego Komsomoła, Odessa 1984.
- [7] Szczagin, et al, *Kontrol' effektivnosti ispolzowanija i normirovanije topliva na sudach i priedprijatach promysłowego flota*, Ministerstwo Rybnogo Choziajstwa ZSRR, Kaliningrad 1979.
- [8] Takagi, H., Irie, Y., Matsuura, S., *Power Management System by Microcomputer*, Bulletin of Marine Engineering, Vol. 10 No. 2/1982 Society in Japan, 1982.
- [9] Włodarski, J. K., *Okrętowe silniki spalinowe*, Wyższa Szkoła Morska w Gdyni, Gdynia 1999.

