Jacek Wysocki

Badania porównawcze przydatności w diagnostyce tłokowych silników okrętowych pogłębionej analizy wykresów indykatorowych dla wybranych punktów pomiaru ciśnień cylindrowych.

Streszczenie

Niniejsza praca dotyczy problemów związanych z diagnostyką parametryczną wybranych układów funkcjonalnych okrętowych silników tłokowych, prowadzoną przede wszystkim w oparciu o analizę wykresów indykatorowych i parametrów indykowanych. Istotne uzupełnienie powyższego stanowi pogłębiona analiza wykresów indykatorowych - obliczane na ich podstawie charakterystyki wydzielania ciepła i wyłonione w oparciu o ich analizę parametry diagnostyczne. Przydatność diagnostyczna tych parametrów będzie zależna od jakości otrzymanych wykresów indykatorowych, na co istotny wpływ ma właściwy wybór miejsca pomiaru ciśnienia cylindrowego. W pracy została postawiona i zweryfikowana teza mówiąca o tym, że pomiar ciśnień cylindrowych, bez wpływu zakłóceń generowanych przez kanały i kurki indykatorowe, poprawia jakość wykresów indykatorowych oraz przydatność diagnostyczną parametrów indykowanych odczytywanych z wykresów indykatorowych i charakterystyk wydzielania ciepła. Sformułowano i zweryfikowano tezę, która mówi o możliwości poprawy stanu diagnostyki silników okrętowych poprzez zwiększenie jakości oraz dokładności pozyskiwanych wykresów indykatorowych i pogłębioną ich analizę w oparciu o charakterystyki wydzielania ciepła, oraz że charakterystyki wydzielania ciepła zawierają informacje o stanie technicznym silnika w tym układów wtryskowych, wymiany ładunku i układu tłok - pierścienie tłokowe - cylinder (TPC).

Celem pracy było wykazanie, w oparciu o badanie porównawcze, przydatności diagnostycznej pogłębionej analizy wykresów indykatorowych pozyskiwanych z pomiaru ciśnień cylindrowych w różnych, wybranych punktach pomiarowych. W wyborze uwzględniono pomiar ciśnień cylindrowych z pominięciem negatywnego wpływu kanałów indykatorowych i kurka indykatorowego.

Osiągnięcie celu pracy wymagało zrealizowania kilku celów szczegółowych, czyli:

- wybór i przygotowanie miejsca pomiarowego z pominięciem kanałów pomiarowych i kurka indykatorowego tak, aby czujnik ciśnienia znalazł się jak najbliżej komory spalania,
- badania wstępne określające wartość maksymalnej temperatury w miejscu pomiaru ciśnienia,

- wybór metody wygładzania wykresów indykatorowych,
- wybór modelu obliczeniowego charakterystyk wydzielania ciepła na podstawie wykresów indykatorowych,
- wybór metody określania górnego martwego położenia tłoka na wykresie indykatorowym w funkcji obrotu wału korbowego,
- wybór symulacji uszkodzeń silnika i ich przygotowanie,
- przeprowadzenie eksperymentu czynnego polegającego na zebraniu odpowiedniej ilości zbiorów danych w postaci przebiegów ciśnień cylindrowych z silnika pracującego z i bez symulowanych uszkodzeń,
- opracowanie wykresów indykatorowych oraz wyznaczenie i obliczenie parametrów indykowanych,
- opracowanie wykresów funkcji wydzielania ciepła i wyznaczenie parametrów diagnostycznych,
- analiza porównawcza wykresów indykatorowych i parametrów indykowanych, funkcji wydzielania ciepła i parametrów na ich podstawie odczytywanych, z trzech różnych punktów pomiarowych, w szerokim zakresie zmienności obciążenia silnika technicznie sprawnego i pracującego z symulowanymi uszkodzeniami.

Rozdział pierwszy zawiera wstęp, omówienie stanu wiedzy na temat diagnostyki okrętowych silników tłokowych oraz przegląd literaturowy. Przedstawiono również sposoby i metody diagnostyki wybranych układów funkcjonalnych silników, w tym wykorzystywanie na te potrzeby analizy parametrów indykowanych. Omówiono także błędy, które wpływają na jakość i dokładność odczytanych i obliczanych parametrów indykowanych i wykresów indykatorowych. Następnie w rozdziale drugim przedstawiono genezę, tezy i cel pracy.

Trzeci rozdział zawiera omówienie czynności przygotowawczych przed rozpoczęciem badań eksperymentalnych. Omówiono budowę i przygotowanie stanowiska badawczego oraz badania wstępne. W tym rozdziale przedstawiono wybór modelu matematycznego funkcji wydzielania ciepła. Wybrano jednostrefowy model wydzielania ciepła, w którym modelowanie wydzielania ciepła oparto na pierwszej zasadzie termodynamiki dla układu otwartego. Następnie wybrano i opisano model matematyczny niezbędny do stworzenia filtra do wygładzania wykresów indykatorowych. Wybrany został algorytm ruchomej aproksymacji wielomianami potęgowymi trzeciego stopnia, w trzech krokach, bazujący na filtrze

Savitzky'ego - Golaya, który wykorzystywany jest w takich programach obliczeniowych jak Mathematica czy Matlab. W tym rozdziale omówiono również metodę określenia położenia górnego martwego położenia tłoka w funkcji kąta obrotu wału korbowego. Miejscem górnego martwego położenia tłoka na osi kąta obrotu wału korbowego jest położenie wartości zerowej pierwszej pochodnej przebiegu sprężania. Błąd pozycjonowania tego punktu nie powinien przekraczać 0,05 stopnia obrotu wału korbowego.

Czwarty rozdział prezentuje charakterystykę aparatury pomiarowej, cel, zakres i opis przebiegu badań eksperymentalnych i sposobu opracowania wyników badań. Opisane zostały tu rodzaje symulacji uszkodzeń silnika i sposoby ich realizacji. W czasie wyboru symulacji uszkodzeń autor kierował się statystykami uszkodzeń, opisanymi w rozdziale pierwszym i własnymi doświadczeniami zawodowymi.

W rozdziale piątym przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych w formie wykresów indykatorowych, parametrów indykowanych, funkcji wydzielania ciepła i ich charakterystycznych parametrów. Na podstawie pomiarów ciśnienia cylindrowego realizowanych jednocześnie w trzech różnych punktach pomiarowych cylindra silnika pracującego z i bez symulowanych uszkodzeń oraz z różnym poziomem obciążenia, przeprowadzono analizę porównawczą. Wyłonione zostały symptomy diagnostyczne i sformułowano szczegółowe wnioski diagnostyczne.

W rozdziale szóstym zawarto podsumowanie i wnioski szczegółowe wynikające z przeprowadzonej analizy porównawczej. Wyszczególniono osiągnięte w pracy cele. Przedstawiono wnioski utylitarne i planowane kierunki dalszych badań. Przedstawione w pracy rozważania doprowadziły do stwierdzenia, że wyeliminowanie kanałów pomiarowych w procesie diagnostycznym okrętowego silnika tłokowego polegającego na pomiarze ciśnienia cylindrowego powoduje wzrost jakości tego procesu. Długie, o zmiennym kształcie i objętości, zmieniające kierunek przepływu kanały pomiarowe powodują opóźnienie i zniekształcenie impulsu ciśnienia docierającego do czujnika ciśnienia. Powoduje to, że niektóre parametry indykowane, parametry charakterystyczne funkcji wydzielania ciepła oraz symptomy diagnostyczne pochodzące z wykresów indykatorowych i funkcji wydzielania ciepła stają się nieczytelne lub niewidoczne.