

УДК 621.432.01

Б.Т. Кононов, Р.І. Бачу

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРІВ

*Розглядаються методи оцінювання технічного стану дизель-генераторів та пропонуються шляхи підвищення точності їх результатів, засновані на використанні в якості діагностичного параметру ступеня нерівномірності частоти обертання вала дизеля.*

**Ключові слова:** технічна діагностика, дизель-генератор, ступінь нерівномірності частоти обертання.

### Вступ

**Постановка науково-технічної задачі.** Від технічного стану дизель-генератора залежить його спроможність виконати поставлені перед ним функції забезпечення електричною енергією споживачів системи електропостачання. Пошкодження, які мають місце в процесі експлуатації дизель-генераторів, приводять до відмов джерел електричної енергії, що особливо небезпечно в автономних системах електропостачання. Визначення характеру відмов і причин їх виникнення ускладнюється як різноманітністю пошкоджень, так і їх наслідками на роботу двигуна і його систем. Для ілюстрації вказаного наведемо наступні приклади. Знос поршневих кілець і дзеркала гільзи циліндрів викликає збільшення зазору між гільзою та поршнем і як наслідок до збільшення кількості газів, що потрапляють з циліндра в картер. Це, в свою чергу, викликає порушення масляної плівки з дзеркала гільзи, приводить до забруднення масла в картері дизеля і погіршення його властивостей. Знос спряжених і рухомих деталей приводить до погіршення умов змащування.

Знос деталей газорозподільного механізму приводить до викривлення фази газорозподілу, що збільшує насосні втрати та сприяє появленню ударних навантажень в цьому механізмі. Забруднення та утворення накипу в колекторі та газовій турбіні викликає збільшення гідравлічних втрат, погіршує якість очищення масла, сприяє підвищеному зносу деталей циліндро-поршневої групи. Крім того, при цьому погіршується тепловіддача та збільшується температура деталей двигуна, що в кінцевому стані приводить до зниження ефективності процесів перетворення енергії.

Ефективність перетворення хімічної енергії палива в механічну роботу, а в подальшому в електричну енергію в дизель-генераторі може бути оцінена статичними та динамічними показниками [1], які дозволяють визначити його технічний стан. Класифікація діагностичних показників на статичні та динамічні є досить умовною, оскільки, наприклад, такий показник, як коефіцієнт корисної дії, який визначається співвідношенням між активною поту-

жністю генератора та витратами палива і який відносять до статичних показників, змінюється в часі. Дизель-генератор як об'єкт діагностики є складною системою, яку, виходячи з його призначення як джерела електричної енергії, можна представити як сукупність послідовно та паралельно ввімкнених елементів, кожен з яких виконує певні функції. Оцінювання технічного стану такої складної системи як дизель-генератор являє собою задачу з багатьма невідомими та невизначеностями, для вирішення якої, перш за все, потрібно з'ясувати вплив різних чинників на ефективність процесів перетворення енергії та ступінь досконалості дизеля й генератора.

**Аналіз літератури.** Питання, пов'язані з оцінюванням технічного стану викладені в [1 – 8]. В цих працях пропонується для оцінювання технічного стану використовувати кутову частоту  $\omega$  та фазну напругу  $U_{\phi}$  генератора, коефіцієнт корисної дії дизельгенератора  $\eta_{дг}$ , питомі ефективні витрати палива  $g_e$ , ступінь нерівномірності розподілу навантажень між паралельно працюючими циліндрами  $\lambda_c$ , середній індикаторний тиск  $P_i$ , максимальний тиск в циклах стискання  $P_c$  та горіння  $P_r$ , середній інтегральний тиск  $P_z$ , температуру відпрацювавших газів  $T_r$ , ступінь механічного зносу  $\lambda_{мз}=f(\Delta m, \Delta l)$ . Технічний стан механічно спряжених деталей, крім того, оцінюють віброакустичним методом та методом проб картерного масла, а для оцінювання технічного стану систем дизель-генератора визначають їх герметичність та забрудненість фільтруючих елементів. Основною складністю, що стримує поширення зазначених методів в практику експлуатації, є низька точність оцінювання технічного стану, яка пов'язана з суттєвим впливом на показники роботи дизель-генератора атмосферних умов, параметрів навантаження, теплового стану та інших чинників.

**Метою даної статті** є з'ясування шляхів підвищення точності при оцінюванні технічного стану дизель-генераторів.

### Основний матеріал

Для досягнення поставленої мети, перш за все, визначимось з найбільш впливовими чинниками, які знижують точність оцінки технічного стану дизель-

генератора при використанні тих чи інших діагностичних параметрів. При використанні паливо-потужностних показників в якості діагностичних параметрів для оцінювання технічного стану дизель-генератора слід враховувати те, що на ці показники суттєво впливають атмосферні умови, величина струму навантаження і його характер та тепловий стан двигуна.

Так, при зміні атмосферних умов ефективна потужність дизеля  $N_e$  змінюється, вона зменшується зі зростанням температури навколишнього середовища  $t$ , зі зниженням барометричного тиску  $B$  та зростанням відносної вологості повітря  $\varphi$ . Слід зауважити, що точно врахувати вплив  $t$ ,  $B$ , та  $\varphi$  на величину  $N_e$  неможливо в зв'язку з нелінійностями залежностей  $N_e=f(t)$ ,  $N_e=f(B)$  та  $N_e=f(\varphi)$ . Зміна струму і характеру навантаження призводить до змін втрат в генераторі, особливо втрат в системі збудження як при великих, так і при малих навантаженнях. Точно врахувати ці втрати, як правило, не вдається. Зміна теплового стану дизель-генератора викликає зміну механічних втрат, а зміна температури охолоджуючої рідини змінює витрати палива. Таким чином, паливо-потужнісні показники можливо використовувати лише для наближених оцінок загального технічного стану дизель-генератора.

При використанні в якості діагностичних параметрів значень тиску слід мати на увазі те, що при вимірюванні тиску значення результатів вимірювання залежить від місця розміщення вимірювача, що приводить до значних розбіжностей і негативно впливає на точність оцінювання. Крім того, при вимірюванні потрібно враховувати необхідність перетворення індикаторної діаграми із координат "тиск-час" в координати "тиск-об'єм". Тим самим точність вимірювань буде визначатися точністю узгодження індикаторної діаграми з верхньою мертвою точкою контролюемого циліндра дизеля. Визначені висновки щодо використання в якості діагностичних параметрів значень тиску повністю стосуються і використання значень температури в окремих циліндрах або температури відпрацювавших газів.

З проведеного аналізу діагностичних параметрів можливо зробити висновок про те, що в якості діагностичного параметра доцільно використовувати такий параметр, який би дозволяв здійснювати оцінювання технічного стану, та на який би не впливали методичні похибки при його визначенні. В якості такого діагностичного параметра може бути запропоновано ступінь нерівномірності розподілу навантажень між окремими циліндрами дизеля.

Цей показник може бути визначений з використанням прямих та непрямих методів. Прямі методи дозволяють провести оцінювання нерівномірності розподілу навантажень по результатам безпосеред-

нього вимірювання потужностей кожного з циліндрів дизеля. Для цього потрібно при обробці індикаторних діаграм обчислити індикаторні потужності кожного з циліндрів або середній індикаторний тиск, а потім і ступінь нерівномірності розподілу навантажень по циліндрам.

Зрозуміло, що при використанні зазначеного метода йому властиві всі негаразди, які мають способи, засновані на вимірюванні тиску. Більш доцільно використовувати непрямі методи, засновані на визначенні ступеня нерівномірності обертання вала дизель-генератора.

Під ступенем нерівномірності частоти обертання вала дизель-генератора  $\delta$  слід розуміти відношення різниці між максимальною і мінімальною кутовими частотами обертання вала до середньої кутової частоти обертання  $\omega_{cp}$ .

$$\delta = \frac{\omega_{max} - \omega_{min}}{\omega_{cp}} . \quad (1)$$

Нерівномірність частоти обертання вала дизеля викликається нерівномірності його обертаючого моменту і залежить від якості роботи кожного з його циліндрів. Дійсно, якщо прийняти, що

$$\omega_{cp} = \frac{\omega_{max} + \omega_{min}}{2} , \quad (2)$$

то ступінь нерівномірності частоти обертання вала  $\delta$  можна представити таким чином

$$\delta = 2 \frac{(\omega_{max} - \omega_{min})(\omega_{max} + \omega_{min})}{(\omega_{max} + \omega_{min})^2} = \frac{\omega_{max}^2 - \omega_{min}^2}{2} . \quad (3)$$

Виходячи з того, що надлишкова кінетична енергія відповідає надлишковій роботі  $A_{над}$ , яка визначається зі співвідношення

$$A_{над} = I \frac{\omega_{max}^2 - \omega_{min}^2}{2} , \quad (4)$$

де  $I$  – масовий момент інерції вала дизель-генератора, отримаємо, що

$$\delta = \frac{A_{над}}{\omega_{cp}^2} . \quad (5)$$

Таким чином величина  $\delta$  характеризує якість роботи циліндрів дизеля. Якщо вимірювати миттєве значення частоти обертання вала дизеля відповідно до порядку роботи його циліндрів, то отримані значення ступеня нерівномірності частоти обертання  $\delta_i$  для кожного з циліндрів будуть характеризувати якість роботи  $i$ -го циліндра дизеля. Вимірювання значень  $\delta_i$  слід виконувати в такті розширення, коли поршень рухається від верхньої мертвої точки до нижньої. Цьому руху відповідає певний кут повороту вала, а час, за який здійснюється цей поворот, визначає миттєву частоту обертання  $\eta_i$ , яка визначає ефективність роботи  $i$ -го циліндра.

## Висновки

1. Серед діагностичних параметрів, за допомогою яких можливо проводити оцінювання технічного стану дизель-генератора, найбільш інформативним є такий параметр як ступінь нерівномірності частоти обертання вала, оскільки він дозволяє дати оцінку загального стану дизеля та стану окремих його циліндрів.

2. На результати оцінювання технічного стану дизель-генератора шляхом визначення ступеня нерівномірності частоти обертання його вала не впливають такі чинники як зміна атмосферних умов, зміна характеристик палива і масла, зміна теплового стану двигуна, зміна величини і характеру навантаження, оскільки оцінювання виконується не по абсолютним показникам, а по відносним.

## Список літератури

1. *Источники и первичные преобразователи энергии: учебн.* / В.К. Терещенков, Б.Т. Кононов, В.П. Морозов, Г.И. Волков, Л.М. Крутий, В.М. Тягый. – М.: МО СССР, 1979. – 554 с.

2. Говоруценко Н.Я. *Диагностика технического состояния автомобилей* / Н.Я. Говоруценко. – М.: Транспорт, 1970. – 256 с.

3. *Диагностика автотракторных двигателей* / Под ред. Н.С. Ждановского. – Л.: Кола, 1977. – 264 с.

4. Кюрегян С.К. *Оценка износа двигателей внутреннего сгорания методом спектрального анализа* / С.К. Кюрегян. – М.: Машиностроение, 1966. – 151 с.

5. Карпов Л.И. *Диагностика и техническое обслуживание тракторов и комбайнов* / Л.И. Карпов. – М.: Машиностроение, 1972. – 320 с.

6. Павлов В.П. *Актуальная диагностика механизмов* / В.П. Павлов. – М.: Машиностроение, 1970. – 220 с.

7. Магдалевский А.В. *Техническая диагностика* / А.В. Магдалевский, Д.В. Гаскиров. – М.: Высшая школа, 1975. – 208 с.

8. *Техническая диагностика машин* / под ред. В.П. Кирси. – К.: Урожай, 1975. – 352 с.

Надійшла до редколегії 11.04.2012

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.М. Чинков, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## ОЦЕНИВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРОВ

Б.Т. Кононов, Р.И. Бачу

*Рассматриваются методы оценивания технического состояния дизель-генераторов и предлагаются пути повышения точности их результатов, основанные на использовании в качестве диагностического параметра степени неравномерности частоты вращения вала дизеля.*

**Ключевые слова:** *техническая диагностика, дизель-генератор, степень неравномерности частоты вращения.*

## ASSESSING THE TECHNICAL CONDITION OF THE DIESEL-GENERATORS

B.T. Kononov, R.I. Bachu

*The consideration of methods for estimating the technical state of diesel-generators and suggestion ways to improve the accuracy of their results, based on use as a diagnostic parameter the degree of irregularity of shaft rotational speed of diesel.*

**Keywords:** *technical diagnostics, diesel-generator, degree of irregularity of the rotation speed.*