

УДК 621.432

Б.Т. Кононов, Р.І. Бачу

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРІВ ШЛЯХОМ ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ НЕРІВНОМІРНОСТІ ЧАСТОТИ ОБЕРТАННЯ ВАЛУ ДВИГУНА

*Обґрунтовується спосіб оцінювання технічного стану дизель-генератора шляхом визначення ступеня нерівномірності частоти обертання вала двигуна. Пропонується для усунення методичної складової похибки результатів оцінювання здійснювати по чергове вимикання одного з циліндрів багатоциліндрового двигуна, а для зменшення інструментальної складової похибки визначення ступеня нерівномірності враховувати крутильні коливання вала.*

**Ключові слова:** ступень нерівномірності частоти обертання вала, оцінювання технічного стану в умовах експлуатації, усунення впливу похибок вимірювання.

### Вступ

**Постановка науково-технічної задачі.** Відомо [1 – 3], що для визначення загального технічного стану дизель-генераторів військових електростанцій доцільно в якості діагностичного параметра використовувати такий показник їх роботи як ступінь нерівномірності частоти обертання вала двигуна. Вимірювання значень нерівномірності частоти обертання вала дає змогу визначити технічний стан окремих циліндрів двигуна й здійснити оцінювання досконалості процесу перетворення хімічної енергії палива в механічну роботу. Разом з тим здійснення операції вимірювання ступеня нерівномірності частоти обертання вала двигуна спряжено з певними труднощами, пов'язаними з необхідністю отримання вимагаємої точності результатів вимірювань, яка суттєво залежить від обраного способу обробки первинної інформації.

**Аналіз літератури.** В [2] наведені відомості щодо використання відомих способів обробки первинної інформації з метою отримання даних про величину ступеня нерівномірності частоти обертан-

ня вала двигуна. Для отримання необхідних відомостей пропонують визначити прискорення вала в вузькому діапазоні частот, вимірювати прискорення вала при прокручуванні двигуна, в режимах пуску або гальмування. Пропонують, крім того, вимірювати час та шлях розгону в межах заданих частот й порівнювати результати з еталонними значеннями. Для визначення ступеня нерівномірності частоти обертання вала можливо також вимірювати поточне значення кутової швидкості, а далі знаходити різницю між максимальним та мінімальним значенням кутової швидкості й встановлювати допустимі межі цієї різниці. Загальним недоліком зазначених способів обробки первинної інформації є необхідність проведення випробувань в спеціально організованих режимах роботи дизель-генератора, що не завжди можливо в умовах їх експлуатації в системах електропостачання військового та спеціального призначення. Крім того, в разі використання наведених способів обробки первинної інформації не можливо або досить складно проводити оцінювання технічного стану окремих циліндрів.

**Мета статті:** обґрунтування способу обробки первинної інформації для отримання відомостей щодо ступеня нерівномірності частоти обертання вала двигуна в умовах його роботи в військових системах електропостачання.

### Основний матеріал

Для досягнення поставленої мети пропонується для визначення ступеня нерівномірності частоти обертання вала двигуна вимірювати відрізки часу, на протязі якого здійснюється обертання вала на заданий кут. При цьому знаходяться миттєві значення кутових частот обертання та кутових прискорень. Дійсно, миттєві значення кутової частоти обертання вала, які відповідають робочому ходу поршня в тому чи іншому циліндрі, неоднакові, тому що потужність, яка створюється в циліндрі неоднакова - тим самим час обертання вала  $t_i$  на кут, що дорівнює куту між "спалахами" в сусідніх за порядком роботи циліндрів  $Y_{cn}$  буде неоднаковим. Зрозуміло, що

$$t_i = Y_{cn} / \omega_i, \quad (1)$$

де  $\omega_i$  – миттєва кутова частота обертання, яка відповідає робочому ходу поршня в  $i$ -му циліндрі. Якщо вимірювати величину  $t_i$  шляхом обчислення кількості імпульсів  $n_i$ , які знаходять за час  $t_i$  з виходу генератора імпульсів, частота якого  $f_r$  стабільна, то

$$n_i = \frac{t_i}{T_r} = \frac{Y_{cn} f_r}{\omega_i}, \quad (2)$$

де  $T_r$  – період роботи генератора імпульсів.

При порівнюванні значень  $n_i$  та  $n_{i+1}$  в відповідності з порядком роботи циліндрів визначається величина відносного ступеня нерівності частоти обертання

$$\bar{\delta} = n_i - n_{i-1} = \frac{Y_{cn} f_r (\omega_{i+1} - \omega_i)}{\omega_i \omega_{i+1}}, \quad (3)$$

де  $(\omega_{i+1} - \omega_i) / \omega_i = \delta$ ;  $\delta \cdot f_r / \omega_{i+1} = \bar{\delta}$ .

На процес діагностування суттєво впливають методичні та інструментальні похибки вимірювань величини  $\bar{\delta}$ . Для усунення методичної похибки вимірювань доцільно при визначенні ступеня нерівномірності частоти обертання вала послідовно вимикати один із циліндрів багатоциліндрового двигуна та вимірювати тривалість циклу в кожному з циліндрів двигуна. Вказане вимірювання потрібно виконувати для одного вимкненого та решти працюючих циліндрів від моменту часу, що відповідає стану положення вала в верхній мертвій точці в такті стиска, на кутовому інтервалі, що дорівнює куту між черговими спалахами. Потім необхідно знайти зменшення тривалості циклу при вимкненому циліндрі у порівнянні з середньою тривалістю робочого циклу при всіх працюючих циліндрах. По результатам вказаного порівняння роблять висновки щодо стану окремих циліндрів та вважають циліндр справним, якщо величина зменшення тривалості циклу при вимкненому циліндрі більше величини середньої тривалості робочого циклу  $t_{cp}$ ,

зменшеної в  $(i-1)(1 + \bar{\delta}_{доп})$  разів, де  $i$  – число циліндрів,  $\bar{\delta}_{доп}$  – ступінь нерівномірності в відносних одиницях, доступна для даного типу двигуна.

Вибір величини  $t_{cp} / ((i-1)(1 + \bar{\delta}_{доп}))$  в якості показника для оцінювання технічного стану двигуна пояснюється наступним. У випадку, коли всі циліндри двигуна знаходяться у справному стані і їх складові в роботу двигуна рівновеликі, тривалість  $t_i$  циклу в циліндрі при вимкненому циліндрі визначається при відомій середній тривалості  $t_{cp}$  робочого циклу і співвідношення

$$t_i = \frac{i}{i-1} t_{cp}. \quad (4)$$

Тривалість пригальмування  $\Delta t_i$  визначається як

$$\Delta t_i = t_i - t_{cp} \frac{i}{i-1}. \quad (5)$$

При оцінюванні технічного стану двигуна зазначеним способом слід враховувати такий показник як допустиме значення ступеня нерівномірності роботи окремих циліндрів двигуна  $\bar{\delta}_{доп}$ . При цьому, якщо час пригальмування  $\Delta t_i$

$$\Delta t_i < \frac{t_{cp}}{(i-1)(1 + \bar{\delta}_{доп})}, \quad (6)$$

то  $i$ -й циліндр розвиває неприпустимо малу потужність і слід вважати, що він є несправним.

Крім методичної похибки вимірювань величини ступеня нерівномірності частоти обертання його вала слід враховувати ще й так звану інструментальну похибку. Ця похибка викликана тим, що на величину кута обертання вала впливають його крутильні коливання. Якщо вдається уникнути інструментальної похибки в процесі визначення ступеня нерівномірності частоти обертання вала двигуна шляхом врахування кута закручування вала, наприклад, вимірюванням кутових відрізків зі зменшеним масштабом часу, що залежать від частоти крутильних коливань, то значно підвищується точність вимірювань, а тим самим точність визначення технічного стану двигуна.

### Висновки

1. Для оцінювання технічного стану дизель-генератора по такому показнику як ступінь нерівномірності частоти обертання вала двигуна доцільно визначати миттєві значення частоти обертання вала визначає кути обертання, що відповідають робочому ходу поршня в том чи іншому циліндрі двигуна.

2. Для отримання первинної інформації щодо технічного стану дизель-генератора він повинен бути обладнаним апаратними засобами контролю, а саме: первинним перетворювачем кутових відміток вала двигуна, первинними перетворювачами положення верхньої мертвої точки відповідних циліндрів двигуна, первинними перетворювачами крутильних коливань та апаратними засобами переробки первинної інформації.

3. Для усунення методичної складової похибки діагностування доцільно ступінь нерівномірності частоти обертання вала визначати при почерговому вимиканні кожного з циліндрів двигуна шляхом вимірювання часу пригальмування тривалість циклу при вимкненому циліндрі у порівнянні з часом тривалості циклу при всіх працюючих циліндрах.

4. Для зменшення інструментальної складової похибки діагностування необхідно враховувати вплив крутильних коливань на величину ступеня нерівномірності частоти обертання вала двигуна.

#### **ОЦЕНИВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРОВ ПУТЕМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ВАЛА ДВИГАТЕЛЯ**

Б.Т. Кононов, Р.И. Бачу

*Рассматривается способ оценивания технического состояния дизель-генератора путём определения степени неравномерности частоты вращения вала двигателя. Предлагается для устранения методической составляющей погрешности результатов оценивания осуществлять поочередные отключения одного из цилиндров многоцилиндрового двигателя, а для уменьшения инструментальной составляющей погрешности определения степени неравномерности учитывать крутящие колебания вала.*

**Ключевые слова:** степень неравномерности частоты вращения вала, оценивание технического состояния в условиях эксплуатации, устранение влияния погрешности измерения.

#### **THE ESTIMATION OF DIESEL GENERATORS TECHNICAL CONDITION BY DEFINITION VARIATION DEGREE OF THE MOTOR SHAFT ROTATIONAL SPEED**

B. T. Kononov, R. I. Bachu

*We will investigate the way of the estimation of diesel generators technical condition by definition variation degree of the motor shaft rotational speed. I suggest to deactivate cylinders in a multi-cylinder motor one by one for eliminating methodological component of the error estimation results. Also I propose to take into consideration torsional vibrations of the shaft for reducing instrumental component errors in determining the degree of uneven.*

**Keywords:** degree of irregularity of shaft rotating speed, assessment of technical condition in operation, eliminating the measurement error effect.

### **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. Тятый. – М.: МО СССР, 1979. – 554 с.

2. Диагностика автотракторных двигателей / под ред. Н.С. Ждановского. – Л.: Колос, 1977. – 264 с.

Надійшла до редколегії 16.07.2012

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