

ВДОСКОНАЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ЗАСОБУ ДЛЯ ТЕПЛОВІЗІЙНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ, ЩО ОБЕРТАЮТЬСЯ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Запропонована математична модель засобу для тепловізійного діагностування об'єктів, що обертаються, з врахуванням найвищої температури об'єкта дослідження та розміру локальної області підвищеної температури, що дозволяє підвищити точність прогнозування пошкоджень на ранніх стадіях їх розвитку.

Ключові слова: математична модель, тепловізійне діагностування, об'єкт, що обертається, засіб.

Abstract

There had been suggested the mathematical model of the device for thermal image diagnosing of the object which rotate, taking into consideration of the highest temperature of the object under research as well as the size of the local region with the increased temperature, which allows to improve the accuracy in prognosticating the damages on the early stages of their development.

Keywords: mathematical model, thermal image diagnosing, rotating object, device.

Відомо [1], що застосування тепловізійних методів діагностування електрообладнання є ефективним інструментом виявлення пошкоджень на ранніх стадіях.

Відомо, що для тепловізійного діагностування об'єктів, що обертаються, зокрема, потужних електричних машин, використання звичайних тепловізійних засобів не є ефективним. Це обумовлено тим, що тепловізійне зображення точки об'єкта, що обертається, на звичайному тепловізійному засобі відображається у вигляді кола або еліпса.

Тому для тепловізійного діагностування таких об'єктів застосовуються спеціальні засоби.

В роботі [2] запропоновані математичні моделі та засоби тепловізійного діагностування об'єктів, що обертаються. Застосування таких моделей тепловізійних засобів передбачає відслідковування всього поля контролю тепловізійного зображення в полярній системі координат з одночасною синхронізацією зі швидкістю обертання об'єкта. Відповідним тепловізійним засобом передбачається масив отриманої діагностичної інформації після візуального спостереження об'єкта передавати в комп'ютер для подальшої обробки.

Однак, як показує практика, в багатьох випадках необхідно одразу ж отримати інформацію про найвищу температуру об'єкта дослідження. Якщо ж об'єкт дослідження містить область підвищеної температури, то для попередньої оцінки прогнозованого розвитку пошкодження доцільно одночасно автоматично визначати і розмір цієї області.

З врахуванням представлених міркувань математична модель тепловізійного засобу для діагностування об'єктів, що обертаються, має вигляд, наведений нижче, в якій $\omega_{\text{кд}}$ – кутова швидкість крокового двигуна (КД), яким забезпечується синхронізація з об'єктом, що обертається; ω_1 – кутова швидкість КД, коли об'єкт діагностування знаходиться в нерухомому стані; $\omega_{\text{об}}$ – кутова швидкість досліджуваного об'єкта; $f_{\text{кд}}$ – частота імпульсів, що подаються на КД; $f_{\text{Г}}$ – частота імпульсів генератора, з якою скануються всі точки об'єкта дослідження; ω_i – поточна кутова швидкість досліджуваного об'єкта; n – кількість точок сканування об'єкта діагностування вздовж одного радіусу; m – кількість радіусів, які можуть мати місце для повної розгортки кругового зображення досліджуваного об'єкта; $N = n \cdot m$ – загальна кількість точок теплового поля; β – розмір сектора сканування; T_{max} – найбільша температура обмотки ротора; $T_{\text{max доп}}$ – найбільша допустима температура обмотки ротора; T_{min} – найменша вибрана температура обмотки ротора; T – поточна температура обмотки ротора; X – кількість точок з температурою, що перевищує мінімальне вибране значення; A – розмір локальної області підвищеної температури обмотки ротора гідрогенератора.

$$\left\{ \begin{array}{l}
N = n \cdot m, \\
m = \frac{360}{\beta}, \\
\omega_{\text{кд}} = \omega_1 = \text{const, якщо } \omega_{\text{об}} = 0, \\
\omega_{\text{кд}} = \begin{cases} \omega_{1+1} - \omega_1, \text{ якщо } 0 < \omega_{\text{кд}} < (\omega_{\text{об}} - \omega_1), \\ \omega_1 - \omega_1, \text{ якщо } 0 \leq \omega_{\text{кд}} = (\omega_{\text{об}} - \omega_1), \\ \omega_{1-1} - \omega_1, \text{ якщо } 0 < (\omega_{\text{об}} - \omega_1) < \omega_{\text{кд}}, \end{cases} \\
\omega_{\text{кд}} = \begin{cases} \omega_{1+1}, \text{ якщо } 0 < \omega_{\text{кд}} < \omega_{\text{об}}, \\ \omega_1, \text{ якщо } 0 < \omega_{\text{кд}} = \omega_{\text{об}}, \\ \omega_{1-1}, \text{ якщо } 0 < \omega_{\text{об}} < \omega_{\text{кд}}, \end{cases} \\
\omega_{\text{кд}} = 2\pi \cdot f_{\text{кд}}, \\
f_{\text{кд}} = \frac{f_G}{n}, \\
T_{\text{max}} = \max\{T_1 \div T_N\} \leq T_{\text{max доп}}, \\
\left\{ \begin{array}{l} K = f(T); K = 1, \text{ якщо } T \geq T_{\text{min}}, K = 0, \text{ якщо } T < T_{\text{min}}, \\ \underbrace{(T_{ij} \div T_{ijx})}_{i=0,n; j=0,m; T \geq T_{\text{min}}} \Rightarrow A = \sum_{q=1}^X K_q, \end{array} \right. \\
f_G = \varphi(N, \omega_{\text{об}}).
\end{array} \right.$$

Запропонована модель, реалізована у засобі для тепловізійного діагностування об'єктів, що обертаються, дозволяє розширити функціонально можливість дослідження прогнозованих пошкоджень, що розвиваються.

Висновки

1. Удосконалена математична модель засобу для тепловізійного діагностування об'єктів, що обертаються, за рахунок введення додаткових контрольованих параметрів, а саме – найбільшої температури об'єкта дослідження та визначення розміру локальної області підвищеної температури, що дозволяє виявляти прогнозовані пошкодження на ранніх стадіях їх розвитку.

2. Здійснено реалізацію запропонованої математичної моделі у вигляді засобу для тепловізійного діагностування об'єктів, що обертаються.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Маслова В.А. Термографія в диагностике и неразрушающем контроле / В.А. Маслова, В.А. Стороженко – Харьков: «Компания СМІТ», 2004.–160 с.
2. Грабко В.В. Методи і засоби для дослідження об'єктів, що обертаються, за тепловими полями: монографія / В.В. Грабко, В.В. Грабко – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. – 155 с.

Грабко Валентин Володимирович – к.т.н., доцент, доцент кафедри відновлювальної енергетики та транспортних електричних систем і комплексів, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, grabko@vntu.edu.ua

Grabko Valentyn V. – PhD., assistant professor with the Department of Renewable Energy and Transport Electrical Systems and Complexes, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, grabko@vntu.edu.ua