



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **98981** (13) **C2**
(51) МПК (2012.01)
G01J 5/00
G01K 17/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

<p>(21) Номер заявки: а 2010 04762</p> <p>(22) Дата подання заявки: 21.04.2010</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 10.07.2012</p> <p>(41) Публікація відомостей про заявку: 25.10.2011, Бюл.№ 20</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.07.2012, Бюл.№ 13</p>	<p>(72) Винахідник(и): Стороженко Володимир Олександрович (UA), Малик Світлана Борисівна (UA), Аведян Валерій Шалікович (UA)</p> <p>(73) Власник(и): ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ, пр. Леніна, 14, м. Харків, 61166 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: WO 03/031956 A1; 17.04.2003 GB 2385662 A; 27.08.2003 DE 102008050046 B3; 07.01.2010</p>
---	--

(54) СПОСІБ КОНТРОЛЮ ТА ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТЕПЛОВИДІЛЯЮЧИХ ОБ'ЄКТІВ, ЩО МІСТЯТЬ ОДНОТИПНІ ВУЗЛИ, ТЕРМОГРАФІЧНИМ МЕТОДОМ

(57) Реферат:

Винахід належить до галузі технічної діагностики та може бути використаний для контролю та оцінки технічного стану обладнання, що має однотипні вузли, та виділяє теплоту в процесі функціонування. Спосіб контролю та оцінки стану тепловиділяючих об'єктів термографічним методом включає безконтактну реєстрацію температурного поля об'єкта та формування термограм його поверхні та обробку термограм з формуванням трьох видів термографічної інформаційної функції (ТІФ). Перша з ТІФ характеризує форму гістограми, друга - вміст фону, третя - положення гістограми на осі температур. За результатами порівняння з еталонним значенням визначають три коефіцієнти дефектності, за сумою квадратів стандартизованих значень яких оцінюють технічний стан об'єкта. Технічним результатом винаходу є діагностування тепловиділяючих об'єктів різних типів, що мають в своєму складі однотипні вузли, з більш високою достовірністю

UA 98981 C2

Винахід належить до галузі технічної діагностики та може бути використаний для контролю та оцінки технічного стану різноманітного обладнання, що має однотипні вузли, та виділяє теплоту в процесі функціонування (наприклад, газоперекачувальні компресори, інші крупногабаритні машини та агрегати).

5 На сучасних підприємствах газотранспортної та інших енергетичних і машинобудівних галузей використовується великий обсяг обладнання, що складається з однотипних вузлів та виділяє тепло в процесі функціонування, зокрема це газомоторні компресори.

Відомі способи контролю та оцінки технічного стану окремих типів таких об'єктів, що базуються на теплових методах [ГОСТ 23483-79 Контроль неразрушающий. Методы теплового вида. Общие требования], а також [Xavier P. V. Maldague. Theory and Practice of Infrared Technology for Nondestructive Testing / Xavier P. V. Maldague - John Wiley & Sons, Inc., 2001. - p. 684.], що містять реєстрацію температури поверхні контрольованого об'єкта та порівняння її з еталонними значеннями шляхом визначення різниці температур поверхонь контрольованого та еталонного зразків (об'єктів).

15 Однак, ці способи мають наступні недоліки: по-перше, створення (або наявність) еталонного зразка (як фізичного, так і віртуального, тобто моделі теплових процесів, що відбуваються в об'єкті контролю) в більшості випадків є проблематичним через складність об'єкта контролю та необхідність врахування комплексу параметрів, що характеризують умови функціонування контрольованого об'єкта. По-друге, використання як інформативний параметр різниці температур є, з одного боку, недостатньо інформативним, а з іншого, потребує великої кількості експериментальних даних (як з неруйнівного, так і руйнівного контролю об'єктів, що розглядаються) для визначення критичних значень цієї різниці температур.

20 Найбільш близьким за сукупністю ознак прийнято спосіб контролю та оцінки технічного стану трансформаторів струму термографічним методом ["Методические указания по диагностике электрических аппаратов, распределительных устройств электростанций и подстанций" МУ 0632-2006, М. Концерн Росэнергоатом, 2006 г.], що включає отримання за допомогою тепловізора термограм контрольованого об'єкта, та подальше перетворення отриманого зображення за допомогою термографічної інформаційної функції (ТІФ) і порівняння її з еталоном. Висновок щодо технічного стану контрольованого об'єкта робиться на основі порівняння ТІФ контрольованого об'єкта та еталона з використанням певного коефіцієнта (критерію) дефектності.

25 Однак існуючий спосіб контролю та оцінки технічного стану трансформаторів термографічним методом не може бути використаний для контролю інших типів тепловиділяючих об'єктів внаслідок відсутності заздалегідь визначеного еталона, а також відповідного цьому еталону критичного значення коефіцієнта дефектності. Крім того, згортка термограми, яка використовується в прототипі як ТІФ, не є достатньо інформативною, бо характеризує лише середню температуру поверхні об'єкта в межах термограми, в той час як основна інформація міститься в характері розподілу температурного поля. Тому і сам спосіб за прототипом не є достатньо інформативним, що обмежує достовірність результатів контролю.

40 В основу винаходу поставлена задача вдосконалення існуючого способу контролю та оцінки технічного стану тепловиділяючих об'єктів термографічним методом шляхом використання більш гнучких та інформативних ТІФ, введення адаптивних еталонів та критеріїв дефектності, що дозволяє забезпечити діагностування тепловиділяючих об'єктів різних типів, що мають в своєму складі однотипні вузли, з більш високою достовірністю.

45 Такий технічний результат досягається тим, що в способі контролю та оцінки технічного стану тепловиділяючих об'єктів, що містять однотипні вузли, термографічним методом шляхом порівняння отриманої в результаті обробки термограм ТІФ з її еталонним значенням за встановленим критерієм дефектності, згідно з винаходом, замість однієї ТІФ у вигляді згортки термограми використовуються три види ТІФ, перша з яких характеризує форму гістограми, отриманої з термограми, друга - вміст фону в термограмі, третя - положення гістограми на осі температур, за результатами порівняння яких з еталонним значенням визначаються три коефіцієнти дефектності, сума квадратів стандартизованих значень котрих використовується як інтегральний критерій дефектності для оцінки технічного стану контрольованого об'єкта.

50 Вказаний спосіб здійснюється таким чином. Оцінювання технічного стану тепловиділяючого об'єкта нового класу термографічним методом потребує створення відповідного еталона Це пропонується здійснювати не заздалегідь, а безпосередньо під час проведення контролю шляхом обробки його результатів, а саме - усередненням отриманих термограм однотипних вузлів. Обмеженням підходу, що пропонується, є те, що об'єкт контролю повинен мати достатню кількість однотипних вузлів (не менше 5-ти).

Замість однієї ТІФ використовується сукупність з трьох ТІФ, з котрих кожна враховує певну характеристику розподілу температури в межах термограми, а саме: форму гістограми, вміст фону та положення гістограми на осі температур. Врахування сукупності цих характеристик дозволяє суттєво підвищити інформативність контролю порівняно з відомим способом, а внаслідок цього - підвищити достовірність його результатів.

Порівняння з еталонною термограмою проводиться окремо за кожною з вказаних характеристик розподілу температури, в результаті визначаються три відповідні коефіцієнти $D1, D2, D3$ дефектності:

$$D1 = \sum_{i=1}^N \min(|H_i - H_{ref} - 1|, |H_i - H_{ref} + 1|); \quad (1)$$

$$D2 = |\Pr(H) - \Pr(H_{ref})|; \quad (2)$$

$$D3 = \frac{\sqrt{nm}(\mu - \mu_{ref})}{\sqrt{n\sigma^2 + m\sigma_{ref}^2}}, \quad (3)$$

де H_i - i -й елемент гістограми аналізованої термограми, H_{ref} - i -й елемент гістограми еталонної термограми, N - кількість елементів розкладання термограми, $\Pr(H), \Pr(H_{ref})$ - співвідношення максимального піка отриманої гістограми аналізованого й еталонного зображень до загальної кількості точок, μ, μ_{ref} - математичні очікування аналізованого й еталонного зображень, σ, σ_{ref} - середньоквадратичні відхилення аналізованого й еталонного зображень, $n \times m$ - розмір зображень.

Для узагальненої оцінки технічного стану контрольованого об'єкта використовується інтегральний критерій дефектності I , який враховує сукупність визначених раніше коефіцієнтів:

$$I = D1^2 + D2^2 + D3^2. \quad (4)$$

При цьому коефіцієнти (1-3), що входять до складу інтегрального критерію дефектності, приводяться до стандартизованої форми, завдяки чому інтегральний критерій I (4) має відомий із матстатистики розподіл χ^2 із двома ступенями свободи [Корн Г., Корн Т. Справочник по математике [для научных работников и инженеров] / Г. Корн, Т. Корн - М.: Наука, 1978. - 832 с]. Це дозволяє критичне значення інтегрального критерію $I_{кр}$ визначати з довідкових таблиць [Большев Л. Н., Смирнов Н. В. Таблицы математической статистики/ Л. Н. Большев, Н. В. Смирнов - М.: Наука, 1983. - 416 с] для розподілу χ^2 . На рівні значущості $\alpha = 0,05$ критичне значення інтегрального критерію дефектності дорівнює $I_{кр} = 5,99$. Отже, вирішальним правилом є $I > I_{кр}$, тобто вузли, що задовольняють цій умові, вважаються дефектними.

Проводилась апробація запропонованого способу контролю та оцінки технічного стану тепловиділяючих об'єктів, що містять однотипні вузли, на прикладі газомоторних компресорів типу 10ГКН шляхом обробки результатів контролю реальних однотипних вузлів: 128 клапанів та 23 шатунних підшипників. Непряма оцінка помилок першого роду дала результат 7,8 % та 8,6 % відповідно, що не виходить за межі довірчого інтервалу, який відповідає заданому рівню значущості $\alpha = 0,05$, тому можуть вважатися прийнятними.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Спосіб контролю та оцінки технічного стану тепловиділяючих об'єктів, що містять однотипні вузли, термографічним методом, що включає безконтактну реєстрацію температурного поля контрольованого об'єкта і формування термограм його поверхні, обробку термограм з отриманням термографічної інформаційної функції (ТІФ), порівняння цієї ТІФ з її еталонним значенням за встановленим критерієм дефектності, який **відрізняється** тим, що використовуються три види ТІФ, перша з яких характеризує форму гістограми, отриманої з термограми, друга - вміст фону в термограмі, третя - положення гістограми на осі температур, за результатами порівняння яких з еталонним значенням визначаються три коефіцієнти дефектності, сума квадратів стандартизованих значень котрих використовується як інтегральний критерій дефектності для оцінки технічного стану контрольованого об'єкта.

Комп'ютерна верстка Г. Паяльніков

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601