



УКРАЇНА

(19) UA (11) 14958 (13) U
(51) МПК (2006)
G01R 33/12
G01K 11/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ СУМІСНОГО НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПАРАМЕТРІВ І ТЕМПЕРАТУРИ ЦИЛІНДРИЧНИХ ВИРОБІВ

1

2

(21) u200509329

(22) 04.10.2005

(24) 15.06.2006

(46) 15.06.2006, Бюл. № 6, 2006 р.

(72) Себко Вадим Вадимович

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"

(57) Спосіб сумісного неруйнівного контролю електромагнітних параметрів і температури циліндричних виробів, що включає пропускання вздовж об'єкта контролю електричних струмів, які наводять вихрові струми, що викликають свої магнітні потоки, які змінюють амплітуду і фазу напруги між контактами циліндричного об'єкта, причому по амплітуді і фазі напруги визначають відносну магнітну проникність μ_r , питому електричну провідність σ , який **відрізняється** тим, що спочатку ємнісним опором компенсують електричний опір, зв'язаний з зовнішньою індуктивністю L_e , по установлених універсальних функціях перетворення, що зв'язують параметри виробу з сигналами перетворювача, а відносну магнітну проникність μ_r , питомий елект-

ричний опір ρ і температуру знаходять з формул:

$$\rho = \frac{2\pi L_0 \mu_0 f a^2}{L_{інх} L_{ін}}$$

$$t = \frac{1 + \alpha t_1}{\alpha} \left(\frac{2\pi L_0 \mu_0 f a^2}{\rho_1 L_{інх} L_{ін}} - 1 \right) + t_1$$

де μ_0 - магнітна константа; f - частота зміни струму; α - температурний коефіцієнт опору; t_1 - початкова температура; ρ_1 - питомий електричний опір при початковій температурі t_1 (як правило $t_1 = 20^\circ\text{C}$); $L_{ін}$ - внутрішня індуктивність об'єкта з урахуванням компенсації ефектів зовнішньої індуктивності; L_0 - індуктивність об'єкта при частоті $f = 0$; a - радіус циліндричного зразка; $L_{інх}$ - параметр, який записується у вигляді:

$$L_{інх} = L_{ін} x^2,$$

де $L_{ін}$ - нормована внутрішня індуктивність; x - узагальнений магнітний параметр.

Корисна модель відноситься до неруйнівного контролю і може бути використана в електромагнітній структуроскопії і вимірювальній техніці. Відомі засоби вимірювання температури провідних об'єктів, засновані на контактному способі вимірювання температури [1]. Це термометри електричного опору (напівпровідникові і металеві), а також термометри. Вони мають недоліки стосовно вимірювання температури виробів: це значні похибки вимірювання, а також вимірювання температури тільки на поверхні виробу. Також є відомим спосіб [2] безконтактного спільного неруйнівного контролю електромагнітних параметрів, заснований на спільному вимірі питомої електричної провідності і відносної магнітної проникності циліндричних електропровідних суцільних феромагнітних об'єктів, що полягає в тому, що контрольований циліндричний об'єкт розміщують у трансформаторний елек-

тромагнітний перетворювач, за допомогою струму в намагнічувальній обмотці у виробі створюють вихрові струми, вимірюють значення ЕРС у вимірювальній обмотці і фазового кута. Вихідні сигнали трансформаторного електромагнітного перетворювача зв'язані за допомогою функціональних залежностей з електромагнітними параметрами циліндричних об'єктів, тобто з питомою магнітною проникністю суцільних феромагнітних об'єктів. Відносно рисою даного методу є підвищена вірогідність неруйнівного контролю електромагнітних параметрів, оскільки, на відміну від попередніх способів, значення питомої електричної провідності і відносної магнітної проникності визначаються спільно. Недоліком даного засобу є вузький асортимент контрольованих циліндричних електропровідних об'єктів, зв'язаний з відсутністю можливості переміщення в трансформаторний електромагніт-

UA (13)

14958 (11)

UA (19)

ний перетворювач суцільних і трубчатих виробів, що мають доступ до вільних кінців виробу і низкою точністю вимірів електромагнітних параметрів, зв'язаної з впливом розмагнічуючого фактора на результати вимірів.

Найбільш близьким до заявленого з технічної сутності є спосіб [3] вимірювання електромагнітних параметрів, тобто питомої електричної провідності циліндричних провідних виробів, який полягає в тому, що повздовж циліндричного стержня пропускають електричний струм і вимірюють напругу U_n між контактами стержня фазовий кут зсуву між напругою U_n і током I та по наведеним формулам знаходять μ_r і σ . Недоліками даного способу є низька точність, а також незрозуміла при якій температурі визначаються параметри μ_r і σ , що в свою чергу приводить к похибкам вимірювань електромагнітних параметрів виробів.

Задача корисної моделі - розширення функціональних можливостей і підвищення точності виміру відносної магнітної проникності, питомого електричного опору та температури циліндричного об'єкту. Задача вирішується шляхом включення ємного опору $\frac{1}{\omega C_k}$ послідовно з індуктивним опо-

ром ωL_e . Де C_k - компенсуючи ємність, L_e - зовнішня індуктивність, ω - циклічна частота.

Причому

$$\omega L_e = \frac{1}{\omega C_k} \quad (1)$$

$$\omega = 2\pi f \quad (2)$$

де f - частота змінення струму.

Таким чином, можна розрахувати компенсуючи ємність

$$C_k = \frac{1}{\omega^2 L_e} \quad (3)$$

Сутність засобу електромагнітного неруйнівного контролю електромагнітних параметрів і температури циліндричних електропровідних феромагнітних об'єктів полягає в тому, що в циліндричному феромагнітному об'єкті пропускають повздовжній струм, який створює вихрову ЕРС, під дією якої проникають вихрові струми які змінюють напругу між контактами стержня і її фазовий кут зсуву.

Методика вимірів відносної магнітної проникності μ_r , питомого електричного опору ρ і температури t , полягає в тому, що вимірюють між контактами стержня ЕРС U_{nk} і фазовий кут зсуву між током I стержня і U_{nk} , потім знаходять опори R і R_0 при частотах струму $f \neq 0$ і $f = 0$. Знаходять нормований електричний опір стержня R_n , як

$$R_n = \frac{R}{R_0} \quad (4)$$

Після цього, знаходять внутрішню індуктивність стержня з формули

$$L_i = \frac{U_{nk}}{2\pi f I} \sin \varphi_k \quad (5)$$

де індекс „к” характеризує собою наявність компенсації. Причому компенсація ефектів зовнішньої

індуктивності L_e здійснюється ємним опором, з формули (1).

Величину L_e розраховують по формулі

$$L_e = \frac{\mu_0 \ell}{2\pi} \left(\ln \frac{2\ell}{a} - 1 + \frac{4a}{\pi \ell} - \frac{a^2}{2\ell^2} \right) \quad (6)$$

далі знаходять нормовану внутрішню індуктивність по формулі

$$L_n = \frac{L_{ik}}{L_0 \mu_r} \quad (7)$$

де L_0 - внутрішня індуктивність при частоті $f = 0$, тобто

$$L_0 = \frac{\mu_0 \ell}{8\pi} \quad (8)$$

де μ_0 - магнітна константа, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Гн}}{\text{м}}$, ℓ -

довжина стержня між його контактами. З формули (7) знаходять

$$\mu_k = \frac{L_{ik}}{L_0 L_n} \quad (9)$$

де L_n знаходять по залежності $L_n = f(R_n)$ Фіг.1. На основі формул (5), (8), (9) знайдемо співвідношення для визначення μ_r

$$\mu_r = \frac{8\pi U_{nk} \sin \varphi_k}{2\pi I \mu_0 L_n \ell} \quad (10)$$

Для визначення параметра ρ треба внести іншу універсальну функцію перетворення, тобто $L_{i\text{нх}} = f(R_n)$

$$L_{i\text{нх}} = L_{i\text{н}} x^2 \quad (11)$$

В такому випадку величину питомого електричного опору можна визначити використовуючи цю функцію перетворення, тобто по знайденому R_n знаходимо $L_{i\text{нх}}$ Фіг.2. Саму величину ρ визначаємо по формулі

$$\rho = \frac{2\pi L_0 \mu_0 f a^2}{L_{i\text{нх}} L_{i\text{н}}} \quad (12)$$

Температуру виробу знаходять у температурному діапазоні від 20 до 180°C. Це є лінійна ділянка змінення температури залежності ρ від t з формули

$$t = \frac{1 + \alpha t_1}{\alpha} \left(\frac{2\pi L_0 \mu_0 f a^2}{\rho L_{i\text{нх}} L_{i\text{н}}} - 1 \right) + t_1 \quad (13)$$

На Фіг.3 показана схема установки, що реалізує спосіб. Установка містить у собі генератор 1 синусоїдальних сигналів, частотомір 2, досліджуваний об'єкт і одночасно робочий контактний електромагнітний перетворювач КОНЕМП, зображений на схемі у виді послідовно включених активного опору R , внутрішньої індуктивності $L_{i\text{н}}$ і компенсуючи ємність C_k . У схемі використовується амперметр 3 змінного струму і вольтметр 4 і фазометр 5.

Амперметр 3 служить для контролю величини намагнічуючого струму, що протікає повздовж досліджуваного виробу до частот 1500Гц. Вольтметр 4 вимірюють значення падіння напруги U_{nk} між контактами зразка. Частотомір 2 використовується для контролю частоти струму намагнічувального струму, а фазометр 5, який призначений для вимі-

ру фазового кута зсуву φ_k між струмом і U_{nk} для чого використовується представлена на схемі котушка взаємодуктивності КВ. Остання являє собою повітряний трансформатор. Напряга на вторинній обмотці котушки взаємодуктивності КВ є опорною для фазометру. Компенсуюча ємність C_k служить для компенсації індуктивного опору ωL_e електричним опором $\frac{1}{\omega C_k}$.

Експериментально доведено, що сумісні вимірювання параметрів з температурою підвищують точність виміру відносної магнітної проникності μ_r і питомого електричного опора ρ підвищується на

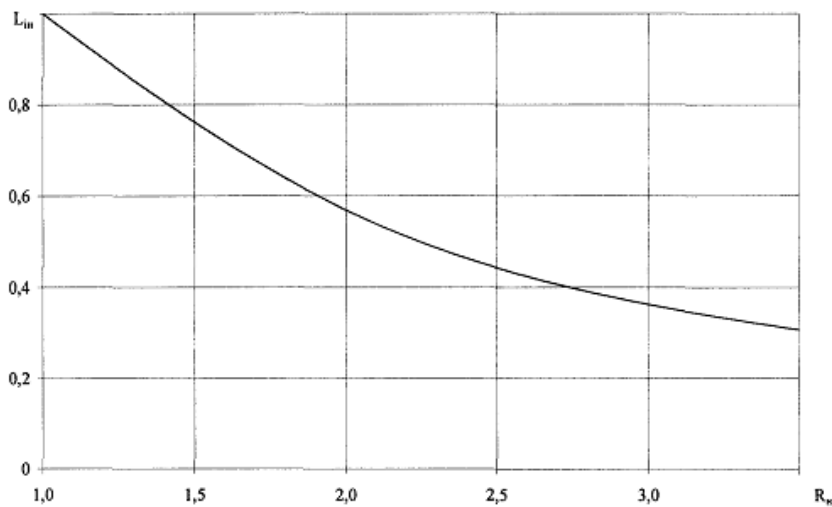
15-20% у порівнянні з відомими способами.

Джерела інформації:

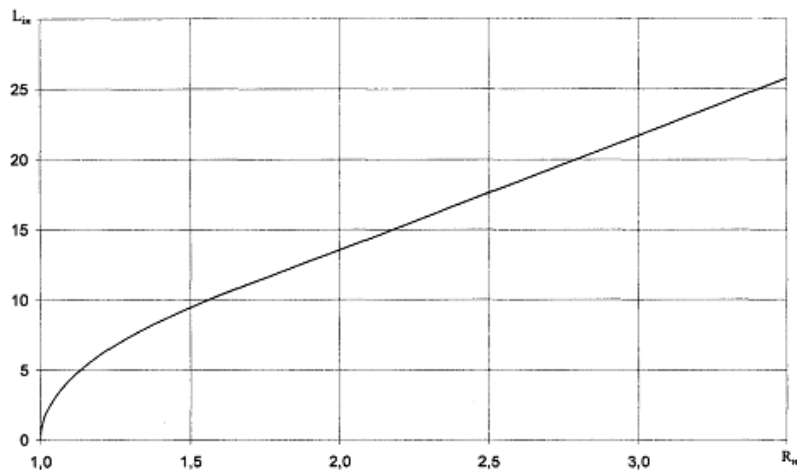
1. Электрические измерения неэлектрических величин / Под ред. П.В.Новицкого. - Л.: Энергия, 1975. - с.576.

2. Бондаренко В.И., Горкунов Б.М., Себко В.П., Тюпа В.И. Бесконтактное измерение электромагнитных характеристик цилиндрических изделий // Измерительная техника. - 1984. - №6. - С.57-58.

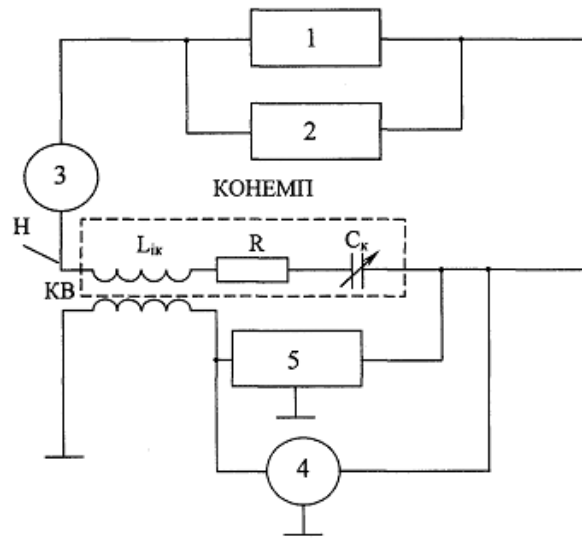
3. Декларационный патент на винахід 56801 G01R 33/12 Себко В.П., Горкунов Б.М., Тюпа І.В. Спосіб неруйнівного контролю електромагнітних параметрів циліндричних об'єктів.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фіг. 3