



УКРАЇНА

(19) UA (11) 56800 (13) A

(51) 7 G01R33/12

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДВидається під
відповідальність
власника
патенту**(54) СПОСІБ БЕЗКОНТАКТНОГО ВИМІРУ ТЕМПЕРАТУРИ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПРОВІДНИХ НЕМАГНІТНИХ ВИРОБІВ**

1

2

(21) 2002097508

(22) 17 09 2002

(24) 15 05 2003

(46) 15 05 2003, Бюл. № 5, 2003 р.

(72) Себко Вадим Пантелійович, Горкунов Борис Митрофанович, Телепнев Андрій Вікторович

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"

(57) Спосіб безконтактного виміру температури циліндричних провідних немагнітних виробів, що включає збудження у виробі вихрових струмів змінним магнітним полем і полягає в тому, що виріб поміщають у змінне магнітне поле, спрямоване поперечно до виробу, яке збуджує поздовжні вихрові струми, вимірюють внесену електрорушійну силу ($\epsilon r c$) $E_{\text{вн}}$ і визначають амплітуду нормова-ної $\epsilon r c$ K перетворювача, по якій за допомогою встановленої універсальної залежності K від узагальненого параметра x знаходять останній, а по ньому визначають температуру t виробу за формулою

$$t = \frac{1 + \alpha t_1}{\alpha} \left(\frac{x_1^2}{x^2} - 1 \right) + t_1,$$

де α - температурний коефіцієнт опору матеріалу виробу, t_1 - температура "холодного" виробу (до нагрівання), x та x_1 - значення узагальненого параметра, що відповідає поточній температурі виробу t і температурі виробу до нагрівання t_1 .

Винахід відноситься до неруйнівного контролю і може бути використаний в промисловості для безконтактного контролю температури протяжних і не протяжних циліндричних провідних виробів, виконаних з немагнітних металів.

Відомий засіб визначення питомого електричного опору шляхом включення циліндричного виробу до схеми моста постійного струму і виміру електричного опору циліндричного виробу [1], а по ньому, знаючи площу поперечного перерізу і довжину виробу, знаходять питомий електричний опір ρ . А далі по відомій залежності ρ від температури t знаходять останню.

Недоліком цього засобу є наявність контактів (токових і потенційних), що знижують точність вимірів, а також необхідність знати априорі значення площі поперечного перерізу і довжини виробу.

Найбільш близьким по технічній сутності до заявленого засобу є спосіб безконтактного спільного неруйнівного контролю питомої електричної провідності [2], заснований на розміщенні циліндричного виробу в повздовжнє змінне магнітне збуджуваче поле протяжного трансформаторного електромагнітного перетворювача, створенні у виробу поперечних вихрових струмів, що здійснюють своє магнітне поле, яке викликає змін електрорушійної

сили ($\epsilon r c$) E трансформаторного електромагнітного перетворювача. Шляхом виміру величин E і $\epsilon r c$ E_0 у перетворювачі без виробу при постійній частоті f збуджувачого поля в підсумку визначають питому електричну провідність, а по ній і температуру немагнітного циліндричного виробу.

Основним недоліком даного засобу є вузький асортимент контрольованих циліндричних виробів (контролюють ті вироби, що мають доступ до вільних кінців виробу, у цьому випадку перетворювач можна надіти на виріб). Крім того, такий засіб має низькі функціональні можливості, оскільки він дозволяє визначати поперечну питому електричну провідність, по якій температуру визначають з досить низькою точністю.

Задача винаходу створення способу для підвищення точності безконтактного виміру температури завдяки усуненню впливу поперечної складової питомої електричного опору, а також розширення функціональних можливостей при реалізації методу за рахунок використання контрольованих виробів різноманітного асортименту (які мають і не мають доступу до своїх кінців).

Поставлену задачу досягають тим, що відповідно до способу безконтактного виміру температури циліндричних провідних немагнітних виробів, що включає збудження у виробі повздовжних ви-

UA (19) 56800 (11) A (13) A

хрових струмів від джерела змінного магнітного поля, спрямованого поперечно виробу, а також появу внесеної ерс $E_{вн}$ у вимірювальній котушці, розташованій поблизу поверхні виробу. По ерс $E_{вн}$ судять про питомий електричний опір, а по ньому - про температуру виробу.

Відмітною ознакою-засобу є прикладання змінного магнітного поля перпендикулярно осі виробу і безконтактне визначення температури виробу.

Основна ідея даної реалізації полягає в тому, що сигнали трансформаторного електромагнітного перетворювача (ТЕМП) містять відомості о такому термозалежному параметрі виробу, як питомий електричний опір ρ . Таким чином, виміривши цей параметр і знаючи функціональний зв'язок між питомим електричним опором ρ і температурою t , можна визначити останню.

На фіг 1 представлена схема включення ТЕМП із поперечним магнітним полем, що реалізує засіб виміру температури немагнітних циліндричних виробів, на фіг 2 - розташування виробу, а також розташування збуджуючої і вимірювальної котушок робочого перетворювача, на фіг 3 - графік залежності амплітуди питомої внесеної нормованої ерс K від величини узагальненого параметра x , тобто $K=f(x)$.

$$x = R \cdot \sqrt{(2 \cdot \pi \cdot \mu_0 \cdot f) / \rho} \quad (1)$$

де μ_0 - магнітна постійна, $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м,

ρ - питомий електричний опір виробу,

f - частота зміни зонduючого однорідного змінного поля,

R - радіус циліндричного виробу

$$K = \lambda \cdot \frac{E_0 - E_p}{E_0} = \lambda \cdot \frac{E_{вн}}{E_0} \quad (2)$$

де λ - форм-фактор,

E_0 - ерс вимірювальної котушки при відсутності в ній виробу,

E_p - ерс вимірювальної котушки при наявності в ній виробу,

$E_{вн}$ - внесена ерс, $E_{вн} = E_0 - E_p$.

Форм-фактор залежить від форми і розмірів вимірювальної котушки, циліндричного виробу, а також від їхнього взаємного розташування. Для круглої вимірювальної котушки формула для λ має вигляд

$$\lambda = \frac{1}{2 \cdot (R/\alpha)^2 \cdot \left[1 - \left(1/\sqrt{1 + (\alpha/b)^2} \right) \right]} \quad (3)$$

де α - середній радіус вимірювальної котушки, b - відстань від середини вимірювальної котушки до центра виробу, $b = (22,5 - 22,7) \cdot 10^{-3}$ м.

Пристрій містить котушки Гельмгольца 1, використані як джерело однорідного змінного збуджуючого магнітного поля, у яке поміщено немагнітний провідний виріб 2 таким чином, щоб це поле було спрямовано перпендикулярно до осі виробу, першу вимірювальну котушку 3 робочого перетворювача РП, установлену так, щоб її вісь збігалася з напрямком поля і перпендикулярна до

осі виробу 2, другу вимірювальну котушку, виконану у вигляді вторинної обмотки 4 взаємоіндуктивності КВ з однорідним магнітним полем, третю вимірювальну котушку 5 компенсаційного перетворювача КП, генератор синусоїдальних сигналів 6, частотомір 7, амперметр 8 для виміру намагнічуючого струму I_n , вольтметр 9, ключ 10. Робочий і компенсаційний перетворювачі являють собою два ідентичних перетворювачі, первинні (намагнічуючі) обмотки яких включені послідовно-відповідно, а вторинні (вимірювальні) - послідовно-зустрично. Для нагрівання виробу в схемі фіг 1 використовують нагрівач 11.

Засіб здійснюють в такий спосіб

Спочатку схему налаштовують таким чином, щоб при відсутності в робочому перетворювачі виробу 2 різницевої сигнал $E_{вн}$, що реєструють вольтметром 9, дорівнював нулю (при цьому ключ 10 встановлюють в положення I). Коли в робочий перетворювач містять виріб 2, з'являється різницевий ерс $E_{вн}$, вимірювана тим же вольтметром 9. Вітки вторинної обмотки котушки взаємоіндуктивності КВ добирають таким чином, щоб ерс, яку вимірюють у ній, дорівнювала ерс E_0 робочого перетворювача РП без виробу. Далі генератором 6 встановлюють частоту збуджуючого струму, силу якого реєструють амперметром 8. Вольтметром 9 вимірюють ерс $E_{вн}$ (при цьому ключ 10 встановлюють в положення I) і ерс E_0 (ключ 10 встановлюють в положення II). Після цього, користуючись формулою (2) визначають значення амплітуди різницевої нормованої магнітної ерс K . Далі, користуючись графіком залежності K від x фіг 3, знаходять величину узагальненого параметра x .

Значення температури циліндричного немагнітного виробу обчислюють за формулою

$$t = \left(\frac{x^2}{x_1^2} - 1 \right) \left(\frac{1 + \alpha t_1}{\alpha} \right) + t_1 \quad (4)$$

де t_1 - температура "холодного" виробу (до нагрівання),

t - поточна температура виробу при його нагріванні,

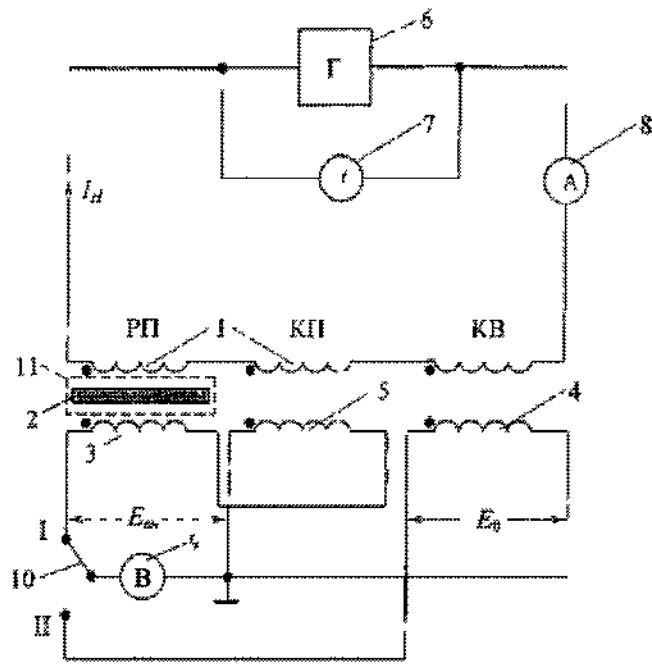
x і x_1 - значення узагальненого параметра при t і t_1 відповідно,

α - температурний коефіцієнт опору матеріалу виробу (значення температурного коефіцієнта для різних матеріалів приведені в довідковій літературі). Запропонований засіб має більш високу точність вимірів, оскільки він дозволяє усунути вплив поперечної складової питомого електричного опору, у також дає можливість розширити асортимент виробів, що мають і не мають доступ до кінців виробу.

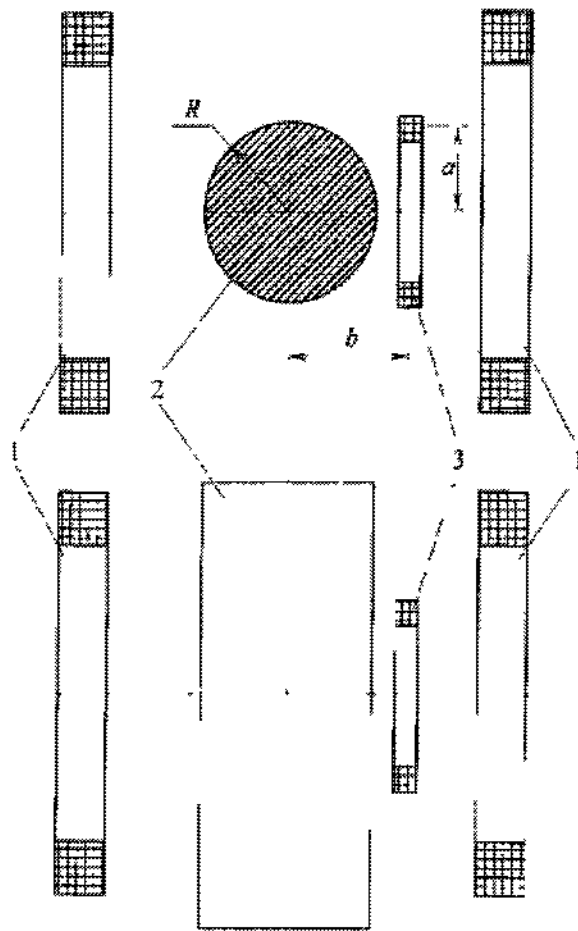
Список літератури

1 Электрические измерения / Под ред. А В Фремке, Е М Душина - Л. Энергия, 1980 - с 392

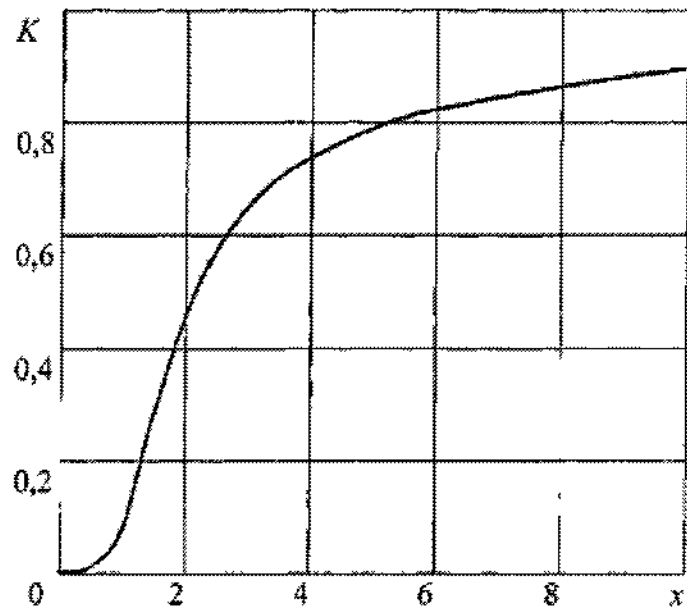
2 Бондаренко В И, Себко В П, Тюпа В И. Бесконтактное измерение электропроводимости цилиндрических изделий // Измерительная техника, 1981, №1, С 35-37



Фиг.1



Фиг.2



Фіг.3