

УДК 620.179

СЕБКО В.В.* , ЗДОРЕНКО В.Г.**

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

**Київський національний університет технологій та дизайну

ДОСЛІДЖЕННЯ ДВОХПАРАМЕТРОВОГО МЕТОДУ КОНТРОЛЮ ЕЛЕКТРИЧНИХ ТА ТЕМПЕРАТУРНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБІВ, ЩО НАГРІВАЮТЬСЯ У ПРОЦЕСІ КОНТРОЛЮ

Мета. Стаття присвячена дослідженню можливості розширення функціональних та технічних можливостей теплового контактного електромагнітного перетворювача (КЕП) за рахунок реалізації двохчастотного методу вимірювального контролю електричних та температурних параметрів мідного зразка циліндричної форми, що нагрівається у процесі контролю.

Методика. Використана методика дослідження контактного двохпараметрового електромагнітного методу вимірювального контролю параметрів немагнітних виробів на базі теплового контактного електромагнітного перетворювача.

Результати. Розроблено алгоритм вимірювальних та розрахункових процедур визначення електричних та температурних параметрів мідного циліндричного виробу, який піддається нагріву в процесі контролю.

Наукова новизна. Вперше отримані універсальні функції перетворення теплового контактного електромагнітного перетворювача, які дають можливість розширення функціональних та технічних можливостей методів контролю фізико-хімічних параметрів досліджуваних виробів.

Практична значимість. Розроблений алгоритм визначення сигналів теплового контактного електромагнітного перетворювача, діапазони зміни яких відповідають діапазонам зміни електричних та температурних параметрів немагнітних циліндричних виробів, які зондуються магнітним полем двох частот теплового контактного електромагнітного перетворювача.

Ключові слова: варіювання магнітного потоку, інформативні параметри, контактний електромагнітний перетворювач контактного електромагнітного перетворювача (КЕП), вимірювальний контроль, двохчастотний метод, температурні точки, питома електропровідність.

Вступ. На теперішній час у багатьох роботах розглядалися теоретичні основи роботи контактного електромагнітного перетворювача (КЕП) стосовно контролю електромагнітних параметрів виробів циліндричної форми [1,2]. При цьому тепловий КЕП розглядається як циліндричний провідник з повздовжнім струмом. Таким чином, зразок, що контролюється (циліндричний стрижень, проба рідини або газу, яка розміщується у скляній трубці) є одночасно і тепловим електромагнітним контактним перетворювачем (якщо зразок, що контролюється, піддається нагріву в процесі проведення контролю нагрівачем) [1,2]. При цьому, використовуючи відомі схеми включення КЕП, вимірюють падіння напруги на зразку, що контролюється, і фазовий кут між струмом та напругою [2]. При цьому інформативними параметрами теплових КЕП є внутрішня індуктивність L_i та опір R_i , які залежать від магнітних, електричних та температурних параметрів зразка [3-6]. При цьому у якості параметрів, які містять інформацію відносно стану кристалічної структури об'єктів, що досліджуються, розглядають відносну магнітну проникність μ_r та питомий електричний опір ρ (або питому електричну провідність σ), які є залежними від температури [7-9]. Інформація щодо значень електромагнітних та температурних параметрів необхідна,

наприклад, під час дослідження впливу різних видів обробки конструкційних матеріалів (механічної, термічної, хімічної, а також зварювання, різання та ін.) на фізико-хімічні характеристики виробів. Слід визначити, що електромагнітні параметри залежать від температури t , тому виникає можливість щодо визначення t , під час здійснення контролю електромагнітних характеристик μ_r та σ [10]. Відомо, що при виготовленні обладнання машинобудівної промисловості, часто застосовують мідь та мідні сплави, галузь застосування яких значно розширюється завдяки високим значенням теплопровідності та електропровідності, хімічної стійкості та ін.

При цьому, при проведенні технологічних процесів, наприклад, термічної і хіміко-термічної теплової обробки виробів та конструкцій, представляє особливий інтерес не тільки відбраковування, а й вимірвальний контроль фізико-хімічних параметрів виробів машинобудування. На теперішній час відсутня методологія створення теплових багатопараметрових електромагнітних контактних пристроїв, яку засновано на побудові простих алгоритмів перетворювань та обробки сигналів контактних електромагнітних перетворювачів з об'єктами, що піддаються нагріву.

Постановка завдання. Метою даною роботи є дослідження можливостей розширення функціональних та технічних можливостей теплового контактного електромагнітного перетворювача (КЕП), за рахунок реалізації двохчастотного методу вимірвального контролю електричних та температурних параметрів мідного зразка циліндричної форми, що піддається нагріву в процесі контролю.

Для досягнення мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. На основі відомих схем включення КЕП, розробити алгоритм вимірвальних та розрахункових процедур для визначення електричних та температурних параметрів зразка, який піддається нагріву в процесі контролю.

2. Отримати основні співвідношення, які описують контактний електромагнітний двохпараметровий метод вимірвального контролю питомої електричної провідності σ , та температури t циліндричного мідного виробу, що зондується поперечним двохчастотним магнітним полем теплового КЕП.

Результати дослідження. Теоретичні основи стосовно проведення досліджень щодо визначення магнітних та електричних параметрів виробів за допомогою контактних електромагнітних методів надано в роботах [1-5]. Теорія роботи КЕП полягає у тому, що при використанні схем включення контактних електромагнітних перетворювачів вимірюють падіння напруги на об'єкті контролю U_t та фазовий кут між током I_t і цією ж напругою φ_t , (індекс t свідчить, що параметри є залежними від температури). При цьому магнітний потік у виробі Φ_{2t} займає відповідну до його значення глибину проникнення магнітного поля δ [1], при цьому змінені частоти f варіювання магнітного потоку Φ_{2t} призводить до змінення внутрішньої індуктивності L_{it} та активного опору R_t [1,3] теплового контактного електромагнітного перетворювача (немагнітного циліндричного стрижня з повздовжнім електричним струмом, який піддається нагріву). Таким чином, із збільшенням частоти магнітного поля зменшується внутрішня індуктивність стрижня L_{it} та зростає опір R_t [1-3]. У свою чергу, параметри L_{it} та R_t пов'язані з відносною магнітною проникністю μ_r , питомою електричною провідністю σ , радіусом a , довжиною КЕП l , а також з температурою t . У роботах [2-5] наведено універсальні функції перетворення, за допомогою яких було

визначено електромагнітні параметри циліндричних та трубчастих виробів, тобто залежності індуктивності стрижня L_{it} та опору R_t від узагальненого параметра x , $R_n = f(x)$ і $L_{in} = f(x)$ (де R_n і L_{in} нормований опір та нормована внутрішня індуктивність відповідно). На рис. 1 і 2, наведено залежності $R_{nt} = f(x_t)$ і $L_{int} = f(x_t)$ з урахуванням змінт температури зразка, що контролюється (на залежностях нанесено температурні точки, які відповідають температурам $t = 20; 60; 100; 150; 180^\circ\text{C}$ мідного зразка, що піддається нагріву). Формула для визначення узагальненого параметру для теплового КЕП з мідним виробом, має наступний вигляд [3-5]:

$$x_t = a\sqrt{\omega_t \sigma_t \mu_0}, \quad (1)$$

де a – радіус зразка, що нагрівається;

μ_0 – магнітна стала [1];

ω_t – циклічна частота теплового КЕП.

Під час реалізації запропонованого методу необхідно здійснювати наступну послідовність вимірювальних та розрахункових операцій: задати значення частот магнітного поля теплового КЕП f_1 та f_2 з досліджуваного частотного діапазону; визначити індуктивність L_0 , опір R_0 на постійному струмі, та питому електричну провідність σ_{01} (при початковій температурі), контрольними методами [1]; знайти зовнішню індуктивність L_e [1]; далі за формулою (1) знаходимо x_{01} , при цьому якщо значення x потрапляють в діапазон $2,2 \leq x_t \leq 2,8$ (тобто якщо x не потрапляє в досліджуваний діапазон, здійснюють процедуру спочатку) визначають нормовані значення опорів R_{n1} і R_{n2} ; після цього визначають питому електричну провідність σ_{02} (на частоті f_2)

$$\sigma_{02} = f_1 \frac{\sigma_{01}}{f_2}. \quad (2)$$

Далі за функцією $R_{nt} = f(x_t)$ знаходять параметри R_{n1} та R_{n2} на двох частотах; після цього використовуючи залежність $L_{inx1} = f(R_{nt})$ (рис. 3), знаходять параметри L_{inx1} та L_{inx2} на частотах f_1 та f_2 ; внутрішні індуктивності L_{i1} і L_{i2} (при початковій температурі) КЕП, знаходять за формулами

$$L_{i1} = \frac{L_{in1} \cdot \mu_0 \cdot l}{8\pi} \quad (3)$$

та

$$L_{i2} = \frac{L_{in2} \cdot \mu_0 \cdot l}{8\pi}. \quad (4)$$

Далі визначають сумарні індуктивності $L_{\Sigma 1}$ та $L_{\Sigma 2}$

$$L_{\Sigma 1ж} = L_{i1ж} + L_e, \quad (5)$$

$$L_{\Sigma 2ж} = L_{i2ж} + L_e. \quad (6)$$

Увімкнувши нагрівач, мідний виріб, що контролюється, піддають нагріву на протязі 30-40 секунд до конкретного значення температури. Далі знаходять нормовані опори R_{n1t} і R_{n2t} за залежностями $R_{1nt} = f(x_{1t})$ та $R_{2nt} = f(x_{2t})$, використовуючи функції $L_{inx1t} = f(R_{1nt})$ та $L_{inx2t} = f(R_{2nt})$, визначають нормовані внутрішні індуктивності L_{inx1t} і L_{inx2t} при кожній температурі з досліджуваного температурного діапазону, здійснюючи покрокові вимірювання (крок 10°C).

Далі визначають внутрішні індуктивності на двох частотах при різних температурах, тобто L_{i1t} і L_{i2t} та знаходять сумарні індуктивності $L_{\Sigma 1t}$ і $L_{\Sigma 2t}$. Використовуючи залежність питомої електропровідності σ від температури t [10], визначають σ_{1t} та σ_{2t} мідного зразка, що нагрівається, знаходять значення узагальненого параметра x_{1t} і x_{2t} на двох частотах і визначають температури t_1 та t_2 зразка.

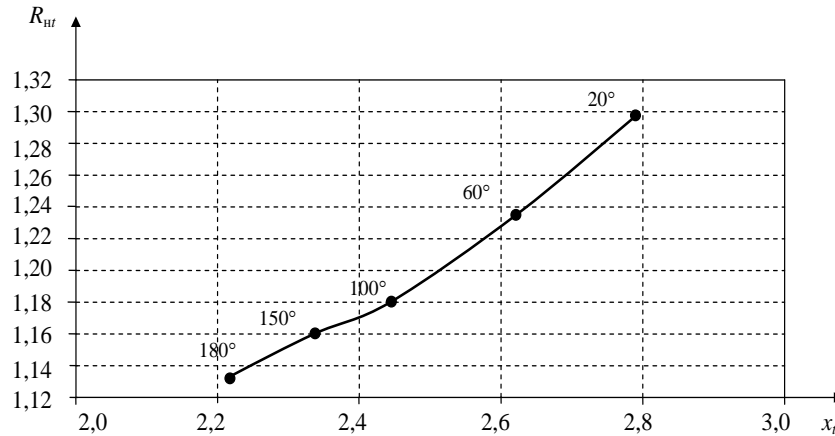


Рис. 1. Залежності $R_{нт}$ від x_t теплового КЕП (при $t = 20; 60; 100; 150; 180^\circ\text{C}$)

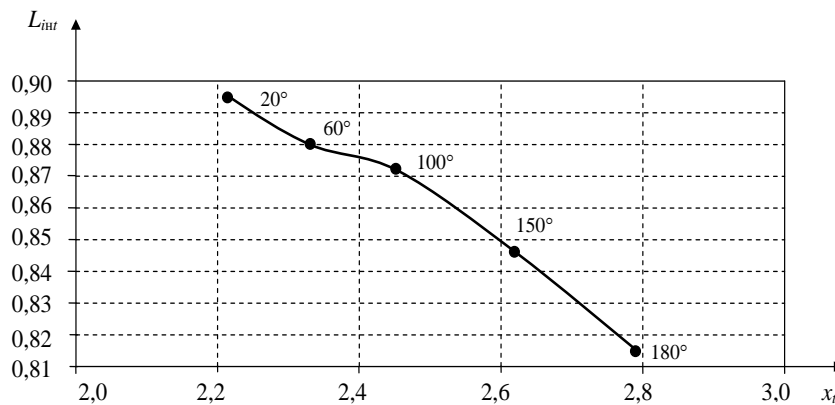


Рис. 2. Залежності $L_{инт}$ від x_t теплового КЕП (при $t = 20; 60; 100; 150; 180^\circ\text{C}$)

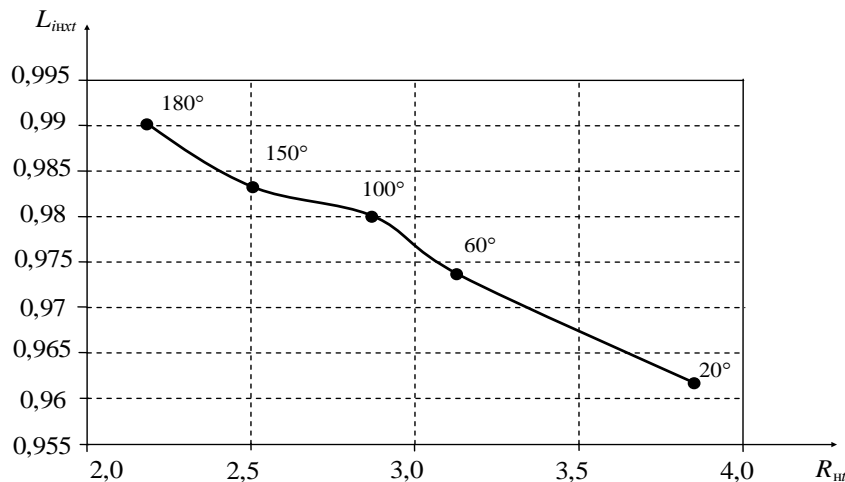


Рис. 3. Залежності $L_{инхт}$ від $R_{нт}$ теплового КЕП з мідним циліндричним виробом

З урахуванням схемних реалізацій, які надано у роботах [6-9], нижче буде розглянуто схему теплового КЕП для сумісного вимірювального контролю питомої електричної провідності σ_t і температури t циліндричного мідного зразка, що піддається нагріву в процесі контролю. Схема передбачає нагрівач Н, за допомогою якого змінюється температура зразка, що контролюється [3-5]. Схема також містить до себе: генератор Г, тепловий КЕП, який умовно представлено на схемі в вигляді послідовно увімкннутих активного опору R та індуктивності L_{Σ} . При цьому індуктивність мідного виробу, що нагрівається, $L_{\Sigma t}$, може бути виражена у вигляді суми двох індуктивностей: L_e – індуктивності, яка залежить тільки від геометричних розмірів мідного виробу та L_{it} – індуктивності, яка залежить безпосередньо від матеріалу зразка [1, 2]. Схема включення теплового КЕП також містить: амперметр А, вольтметр V і фазометр Ф. Амперметр А призначений для контролю величини поздовжнього намагнічувального струму I_t , який протікає по мідному виробу, що нагрівається. Вольтметр V призначений для вимірювання значення напруги на зразку U_t . Частотомір Ч використовують для визначення частот намагнічувального струму, а фазометр Ф призначено для вимірювання фазового кута зсуву φ_t поміж намагнічувальним струмом I_t та напругою на мідному виробі U_t (за рахунок застосування котушки взаємоіндуктивності КВ).

Таким чином, для визначення питомого електричного опору ρ_t (або питомої електричної провідності σ_t) за допомогою окремої функції перетворення, необхідно ввести питому нормовану індуктивність $L_{інхт}$, виникнення якої в теплому КЕП,

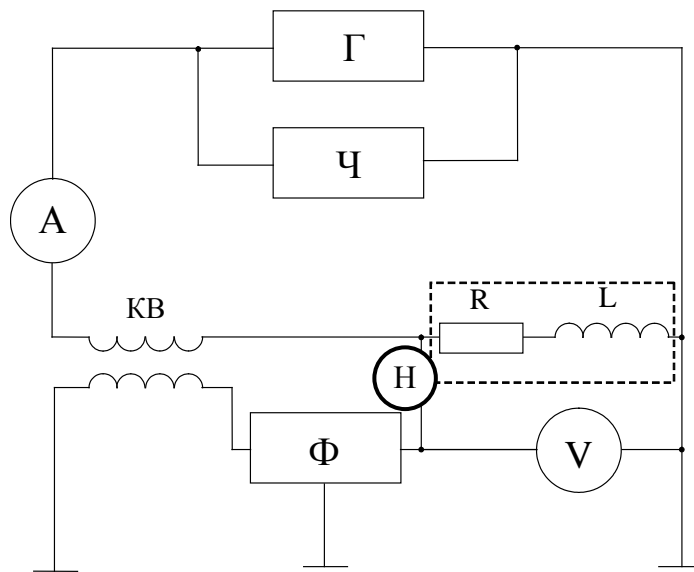


Рис. 4. Схема теплового КЕП для вимірювального контролю електричних та температурних параметрів мідного зразка, що контролюється

обумовлено проходженням магнітного потоку через квадратну одиничну площину зі стороною яка дорівнює глибині проникнення магнітного поля δ , при цьому

$$L_{інхт} = L_{інт} x_t^2 = L_{інт} a^2 \omega_t \mu_0 \sigma_t. \quad (7)$$

Таким чином, за результатами визначення $R_{нт}$ визначають функцію перетворення $L_{інхт} = f(R_{нт})$ та знаходять параметр $L_{інхт}$, після цього за результатами вимірів електричних параметрів L_0 , L_{it} , а також знаючи константи d , μ_0 , π – визначають питому електричну провід-

ність σ_{1t} та σ_{2t} на двох частотах

$$\sigma_{1t} = \frac{L_{ih_{1t}}^2}{L_{ih_1}^2 a^4 \omega_{1t} \mu_0}, \quad (8)$$

$$\sigma_{2t} = \frac{L_{ih_{2t}}^2}{L_{ih_1}^2 a^4 \omega_{2t} \mu_0}, \quad (9)$$

де індекс 1 і 2 мають відношення для двох частот магнітного поля f_1 та f_2 відповідно.

Для визначення температури необхідно застосувати залежність σ від t , тобто з урахуванням [6], маємо

$$\sigma_t = \frac{\sigma_n}{\left(1 + \frac{\alpha}{1 + \alpha t_1} (t - t_1)\right)}, \quad (10)$$

де σ_n – питома електрична провідність при початковій температурі;

α – температурний коефіцієнт опору.

Формули для визначення температури мідного зразка на двох частотах магнітного поля теплового КЕП, мають наступний вигляд

$$t = \frac{1 + \alpha t_1}{\alpha} \left[\frac{x_{1t}^2}{a^2 \mu_0 \omega_{1t} \sigma_{1t}} - 1 \right] + t_n, \quad (11)$$

$$t = \frac{1 + \alpha t_1}{\alpha} \left[\frac{x_{2t}^2}{a^2 \mu_0 \omega_{2t} \sigma_{2t}} - 1 \right] + t_n, \quad (12)$$

де t_n – початкова температура.

Результати визначення електричних та температурних параметрів (при значеннях $f_1 = 1000$ Гц; $f_2 = 1500$ Гц; $L_0 = 0,015 \cdot 10^{-6}$ Гн; $R_0 = 1,826$ Ом; $L_e = 0,2579 \cdot 10^{-6}$ Гн; $\sigma_{01} = 1,72 \cdot 10^{-8}$ Ом·м; $\sigma_{02} = 2,58 \cdot 10^{-8}$ Ом·м; $\alpha_p = 4,3 \cdot 10^{-3}$ 1/К; $t_n = 20^\circ\text{C}$; $x_{01} = 2,032$; $x_{02} = 2,488$) наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Результати визначення параметрів σ_{1t} і σ_{2t} та t_1 і t_2 на двох частотах магнітного поля теплового КЕП

$t, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{1t}, \text{См/м}$	$\sigma_{2t}, \text{См/м}$	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$
30	0,559	0,373	30,35	29,98
40	0,539	0,359	39,97	39,99
50	0,519	0,347	49,95	49,96
60	0,502	0,335	59,94	60,04
70	0,485	0,324	70,07	70,02
80	0,469	0,313	80,06	80,01
90	0,455	0,303	90,04	89,99
100	0,442	0,294	100,03	99,99
110	0,429	0,286	110,01	109,96
120	0,416	0,278	119,99	120,04
130	0,405	0,269	129,98	130,03
140	0,394	0,263	139,97	140,01
150	0,384	0,256	149,95	149,22

Висновки. У роботі досліджено шляхи вирішення важливої наукової та практичної проблеми, суть якої полягає у рішенні комплексу завдань, пов'язаних зі створенням теплових контактних електромагнітних пристроїв для сумісного контролю електричних та температурних параметрів немагнітних виробів, вузлів та конструкцій обладнання машинобудівних виробництв. Розроблено алгоритм вимірювальних та розрахункових процедур для визначення електричних та температурних параметрів мідного циліндричного виробу, який піддається нагріву в процесі контролю. Наведено основні співвідношення, які описують контактний двохпараметровий метод вимірювального контролю електричних та температурних параметрів виробів, що контролюються на основі визначення сигналів теплового КЕП.

Перспективою подальших досліджень є створення автоматизованих систем неруйнівного багатопараметрового вимірювального контролю фізико-хімічних характеристик матеріалів, виробів та речовин широкого асортименту на основі первинних теплових КЕП, які використовують поперечне магнітне поле.

Список використаної літератури

1. Ландау Л.Д., Лившиц Е.М. Электродинамика сплошных сред. – М.: Гос. изд-во физико-математической литературы, 1959. – 532 с.
2. Сиренко Н.Н., Гора С.А., Себко В.В. Параметрический преобразователь для определения потерь мощности. - Техническая электродинамика, 1993, №4, с.75-78.
3. Себко В.В., Здоренко В.Г., Нзюка А.М. Вихорострумвий контроль температури в технологічному процесі обжигу клінкера. - Київ: Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – КНУТД.- 2012, №1. – С. 64 - 71.
4. Себко В.В., Здоренко В.Г. Визначення метрологічних характеристик теплового трансформаторного вихорострумового перетворювача з плоским виробом, що нагрівається в процесі контролю. - Київ: Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – КНУТД.- 2012, №1. – С. 64 - 71.
5. Себко В.В., Здоренко В.Г., Петухова Е.О., Минкова А. К. Автоматизація вимірювального контролю температури проби харчового барвника. – Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – Київ: КНУТД, 2015. – №4 (88) . – С. 49 – 57.
6. Бабак В.П., Себко В.П., Львов С.Г., Контактный двухпараметровый контроль цилиндрических изделий // Труды Международной научно-практической конференции "Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье". - Харьков: ХГПУ. - 1997. – Ч. 3. - С. 5-7.
7. Львов С.Г. Определение параметров ферромагнитных конструкционных прутков // Зб. наукових праць Харківського державного політехнічного університету "Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я". – Харків: ХДПУ. – 1999. – Вип. 7, Ч. 3. – С. 124-126.
8. Себко В.В. Определение параметров ферромагнитной жидкости с помощью контактного рабочего преобразователя КРП // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". – Харків: НТУ "ХПИ". – 2006. – Вып. 44. – С. 15-24.
9. Себко В.В. Методика оценки погрешностей совместного измерения магнитной проницаемости, удельного электрического сопротивления и температуры ферромагнитного изделия контактным резистивно-индуктивным методом // Електротехніка і електромеханіка. – Харків: НТУ "ХПИ". - 2007. - №2. – С. 48-51.

10. Спектор С.А. Электрические измерения физических величин. – Л.: Энергоатомиздат, 1987. – 320 с.

References

1. Landau L.D., Livshits E.M. Elektrodinamika sploshnykh sred. – М.: Gos. izd-vo fiziko-matematicheskoy literatury, 1959. – 532 p.
2. Sirenko N.N., Gora S.A., Sebko V.V. Parametricheskyy preobrazovatel' dlya opredeleniya poter' moshchnosti. - Tekhnicheskaya elektrodinamika, 1993, №4, p.75-78.
3. Sebko V.V., Zdorenko V.H., Nzyoka A.M. Vykhorostrumovyi kontrol temperatury v tekhnolohichnomu protsesi obzhyhu klinkera. - Kyiv: Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dyzainu. – KNUTD.- 2012, №1. – P. 64 - 71.
4. Sebko V.V., Zdorenko V.H. Vyznachennia metrolohichnykh kharakterystyk teplovoho transformatornoho vykhorostrumovoho peretvoriuvacha z ploskym vyrobom, shcho nahrivaietsia v protsesi kontroliu. - Kyiv: Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dyzainu. – KNUTD.- 2012, №1. – P. 64 - 71.
5. Sebko V.V., Zdorenko V.H., Petukhova E.O., Mynkova A. K. Avtomatyzatsiia vymiriuvalnoho kontroliu temperatury proby kharchovoho barvnyka. – Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dyzainu. – Kyiv: KNUTD, 2015. – №4 (88) . – P. 49 – 57.
6. Babak V.P., Sebko V.P., L'vov S.G., Kontaknyy dvukhparametrovyy kontrol' tsilindricheskikh izdeliy // Trudy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii “Informatsionnye tekhnologii: nauka, tekhnika, tekhnologiya, obrazovanie, zdorov'ye”. - Khar'kov: KhGPU. - 1997. – Ch. 3. - P. 5 7.
7. L'vov S.G. Opredelenie parametrov ferromagnitnykh konstruktsi-onnykh prutkov // Zb. naukovykh prats Kharkivskoho derzhavnoho politekhnichnoho universytetu “Informatsiini tekhnolohii: nauka, tekhnika, tekhnolohiia, osvita, zdorov'ia”. – Kharkiv: KhDPU. – 1999. – Vyp. 7, Ch. 3. – P. 124-126.
8. Sebko V.V. Opredelenie parametrov ferromagnitnoy zhidkosti s pomo-shch'yu kontaktnogo rabocheho preobrazovatelya KRP // Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu “Kharkivskiy politekhnichnyi instytut”. – Kharkiv: NTU “KhPI”. – 2006. – Vyp. 44. – P. 15-24.
9. Sebko V.V. Metodika otsenki pogreshnostey sovместного izmereniya mag-nitnoy pronitsaemosti, udel'nogo elektricheskogo soprotivleniya i tem-peratury ferromagnitnoho izdeliya kontaktnym rezistivno-induktivnym metodom // Elektrotekhnika i elektromekhanika. – Kharkiv: NTU “KhPI”. - 2007. - №2. – P. 48-51.
10. Spektor S.A. Elektricheskie izmereniya fizicheskikh velichin. – L.: Ener-goatomizdat, 1987. – 320 p.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВУХПАРАМЕТРОВОГО МЕТОДА КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПАРАМЕТРОВ ИЗДЕЛИЙ, КОТОРЫЕ НАГРЕВАЮТСЯ В ПРОЦЕССЕ КОНТРОЛЯ

СЕБКО В.В. *, ЗДОРЕНКО В.Г. **

* Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт

** Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. *Статья посвящена исследованию возможности расширения функциональных и технических возможностей теплового контактного электромагнитного преобразователя (КЭП) за счет реализации двухчастотного метода измерительного контроля электрических и температурных параметров медного образца цилиндрической формы, который нагревается в процессе контроля.*

Методика. *Использована методика исследования контактного двухпараметрического электромагнитного метода измерительного контроля параметров немагнитных изделий на базе теплового контактного электромагнитного преобразователя.*

Результаты. *Разработан алгоритм измерительных и расчетных процедур определения электрических и температурных параметров медного цилиндрического изделия, который нагревается в процессе контроля.*

Научная новизна. *Получены универсальные преобразования теплового контактного электромагнитного преобразователя, которые дают возможность расширения функциональных и технических возможностей методов контроля физико-химических параметров исследуемых изделий.*

Практическая значимость. *Разработан алгоритм определения сигналов теплового контактного электромагнитного преобразователя, диапазоны изменения которых соответствуют диапазонам изменения электрических и температурных параметров немагнитных цилиндрических изделий, которые зондируются магнитным полем двух частот теплового контактного электромагнитного преобразователя.*

Ключевые слова: *варьирование магнитного потока, информативные параметры, контактный электромагнитный преобразователь контактного электромагнитного преобразователя (КЭП), измерительный контроль, двухчастотный метод, температурные точки, удельная электропроводность.*

THE STUDY OF TWOPARAMETRAGE CONTROL METHOD OF ELECTRIC AND THERMAL PARAMETERS OF THE PRODUCTS, THE HEATING PROCESS

SEBKO V.V^{*}, ZDORENKO V.G.^{**}

^{*}National Technical University «Kharkiv Polytechnic institut»

^{**}Kiev National University of Technology and Design

Purpose. *The article is devoted to study the possibility of expanding the functional and technical possibilities of the thermal contact electromagnetic transducer (CEP) through the implementation of two frequency method of measuring the control of electrical and thermal parameters of copper of the sample of cylindrical shape, which is heated in the process control.*

Methodology. *Used research methods the contact of two parameters are electromagnetic method of measuring control parameters of the non-magnetic products on the basis of heat contact electromagnetic transducer.*

Findings. *The algorithm of the measurement and calculation procedures for determining the electrical and thermal parameters of copper cylindrical device, which is heated in the process control.*

Originality. *The obtained universal function of converting thermal contact electromagnetic transducer, which give the possibility of expanding the functional and technical capabilities of methods of control of physical and chemical parameters of the products.*

Practical value. *An algorithm is developed to determine the signals of the heat cap, change ranges which correspond to ranges of electrical and thermal parameters of the non-magnetic cylindrical products which non-magnetic field of two frequencies thermal contact electromagnetic transducer.*

Keywords: *the variation of the magnetic flux, informative parameters, contact electromagnetic converter contact electromagnetic transducer (CEC), measurement control, dual-frequency method, temperature points, specific conductivity.*