

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ И ОПЕРАТОРНЫХ ИНДУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОХОДНОГО ВНУТРЕННЕГО КОЛЬЦЕВОГО ВИХРЕТОКОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ В ПРОВОДЯЩЕЙ ТРУБЕ

Андрей Яцун

*Львовский национальный аграрный университет
Ул. В. Великого, 1, Дубляны, Украина. E-mail: yam2002@yandex.ru*

Andriy Yatsun

*Lviv National Agrarian University
St. Vladimir the Great 1, Dubliany, Ukraine. E-mail: yam2002@yandex.ru*

Аннотация. Вследствие значительной степени изношенности и старения оборудования отечественного нефтегазового комплекса вопрос мониторинга технического состояния трубопроводов для обеспечения надежности и безопасности снабжения энергоносителей (природного газа) магистральными трубопроводами приобретает все большую актуальность.

Основной задачей технического диагностирования трубопроводов является определение фактической толщины стенки трубопровода и выявления дефектов типа нарушение цельности. Наиболее эффективным для проведения работ из технического диагностирования за всей длиной трубопровода с минимальными простоями в работе трубопровода является осуществление внутренне-трубной диагностики с использованием интеллектуальных поршней, которые движутся под напором транспортированного продукта. Однако такой метод диагностики требует усовершенствования для обеспечения более высокой достоверности и точности контроля.

Преимуществами вихретокового метода контроля является бесконтактность, отсутствие остаточных магнитных эффектов и возможность обнаружения поверхностных трещин с малым раскрытием и дефектами расслоения металла трубопровода.

Поэтому актуальной является задача определения операторных и переходных параметров внутренних проходных вихретоковых преобразователей параметрического и трансформаторного типов при импульсном питании для получения многопараметровой информации об объекте контроля.

При контроле геометрических размеров, дефектов и физико-механических параметров электропроводных материалов, деталей и изделий (труб) импульсным вихретоковым методом информативными параметрами первичного преобразователя являются его внесенные переходные собственная и взаимная индуктивности обмотки возбуждения и измерительной обмотки и их чувствительности к параметрам объекта контроля.

Получены выражения для собственной и взаимной операторной (преобразованной по Лапласу) и

переходной основной и внесенной индуктивностей обмотки возбуждения проходного экранированного кольцевого первичного преобразователя прямоугольного поперечного сечения внутри контролируемой проводящей трубы с током произвольной формы, которая используется в качестве первичного преобразователя, для диагностирования технического состояния внутренней поверхности трубопроводов.

На основе характерных значений операторных индуктивностей предложено их приближенное численное обратное преобразование Лапласа для получения переходных внесенных индуктивностей.

Полученные результаты целесообразно использовать для определения информативных величин первичной измерительной цепи с проходным первичным вихретоковым преобразователем и их чувствительностей к параметрам и дефектам объекта контроля с целью развязки многопараметровой информации.

Ключевые слова: вихретоковый, преобразователь, переходной, проводящий, индуктивность.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Вопрос мониторинга технического состояния трубопроводов для обеспечения надежности и безопасности снабжения энергоносителей (природного газа) магистральными трубопроводами приобретает все большую актуальность вследствие значительной степени изношенности и старения оборудования отечественного нефтегазового комплекса.

Основной задачей технического диагностирования трубопроводов является установление фактической толщины стенки трубопровода и выявления дефектов типа нарушение цельности. Наиболее эффективным для проведения работ из технического диагностирования по всей длине трубопровода с минимальными простоями в работе трубопровода есть осуществление внутренне-трубной диагностики с использованием интеллектуальных поршней, которые двигаются под напором транспортированного продукта. Однако внутренне-трубная диагностика с использованием магнитных поршней [1],

требует усовершенствования, для обеспечения более высокой достоверности и точности контроля.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В [2] получены выражения в операторной форме для векторного потенциала магнитного поля проходного кольцевого экранированного вихретокового первичного преобразователя прямоугольного поперечного сечения параметрического и трансформаторного типов в проводящей трубе (объект контроля, рис. 1), которые дают возможность перейти к определению параметров такого преобразователя.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

При контроле геометрических размеров, дефектов и физико-механических параметров электропроводных материалов, деталей и изделий (труб) импульсным вихретоковым методом информативными параметрами первичного преобразователя являются его внесенные переходные собственная и взаимная индуктивности обмотки возбуждения и измерительной обмотки [2] и их чувствительности к параметрам объекта контроля с целью выявления и выбора оптимальных моментов времени и информативных величин для развязки многопараметровой информации.

Преимуществами вихретокового метода контроля является бесконтактность, отсутствие остаточных магнитных эффектов и возможность обнаруживать поверхностные трещины с малым раскрытием и дефекты расслоения металла трубопровода.

Поэтому актуальной является задача определения операторных и переходных параметров внутренних проходных вихретоковых преобразователей параметрического и трансформаторного типов при импульсном питании для получения многопараметровой информации об объекте контроля.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

На рис. 1 представлена расчетная модель экранированного вихретокового первичного преобразователя параметрического и трансформаторного типов внутри контролируемой трубы.

Здесь и в нижеприведенных выражениях приняты следующие обозначения:

- μ_0 – магнитная постоянная;
- μ_r – относительная магнитная проницаемость;
- γ – удельная электрическая проводимость;
- d – толщина контролируемой трубы;
- γ_1 – удельная электрическая проводимость внутри трубы;
- γ_3 – удельная электрическая проводимость снаружи трубы;
- r_1 – внутренний радиус обмотки возбуждения;
- r_2 – внешний радиус обмотки возбуждения;
- r_3 – внутренний радиус измерительной обмотки;
- r_4 – внешний радиус измерительной обмотки;
- a_1 – ширина обмотки возбуждения;
- b_1 – высота обмотки возбуждения;

- a_2 – ширина измерительной обмотки;
- b_2 – высота измерительной обмотки;
- r_5 – внутренний радиус трубы;
- r_6 – внешний радиус трубы;
- h_1 – нижняя ордината измерительной обмотки;
- h_2 – верхняя ордината измерительной обмотки;
- R – радиус экрана;
- H – высота экрана;

1, 2, 3 – области пространства, ограниченного экраном;

r, z – оси координат.

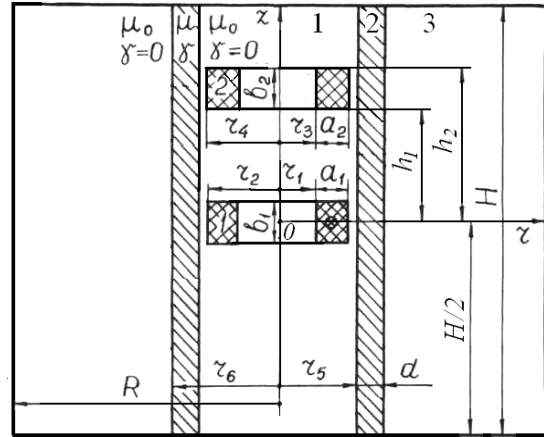


Рис. 1. Расчетная модель экранированного вихретокового первичного преобразователя параметрического и трансформаторного типов внутри контролируемой трубы

Fig. 1. Settlement model of screen eddy-current primary transducer of parametrical and transforming types in a controllable pipe

Собственная операторная индуктивность обмотки возбуждения преобразователя определяется выражением

$$L_1(p) = \frac{2\pi W_1^2}{a_1^2 b_1^2 \delta_{01}} \int_{-b_1/2}^{b_1/2} dz \int_{r_1}^{r_2} r \tilde{A}_1 dr = L_{10} + L_{1e}(p), \quad (1)$$

где: W_1 – количество витков обмотки возбуждения; $\tilde{\delta}_{01}$ – преобразованная по Лапласу плотность тока в обмотке возбуждения; \tilde{A}_1 – векторный потенциал магнитного поля, определенный в [2]; L_{10} – собственная индуктивность одинокой экранированной обмотки преобразователя (основной); $L_{1e}(p)$ – внесенная операторная индуктивность, обусловленная наличием объекта контроля (трубы).

В области 1 (внутри трубы) $\tilde{A}_1(p)$ определяются выражением [2]:

$$\tilde{A}_1 = \mu_0 \tilde{\delta}_{01} \sum_{i=1}^{\infty} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{a_{i1} b_{k01}}{i^2 + m_k^2} J_1(n_i r) \cos m_k z + \tilde{\delta}_{01} \sum_{k=1}^{\infty} C_{11} I_1(p_1 r) \cos m_k z, \quad (2)$$

то есть, в пределах высоты обмотки возбуждения ($-b_1/2 \leq z \leq b_1/2$):

$$\begin{aligned} \tilde{A}_1 = & \mu_0 \tilde{\delta}_{01} \sum_{i=1}^{\infty} a_{i1} J_1(n_i r) \frac{1}{n_i^2 \operatorname{ch}(n_i H/2)} \times \\ & \times [\operatorname{ch} n_i (H/2) - \operatorname{ch} n_i ((H - b_1)/2) \operatorname{ch} n_i z] + \\ & + \tilde{\delta}_{01} \sum_{k=1}^{\infty} C_{11} I_1(p_1 r) \cos m_k z, \end{aligned} \quad (3)$$

а в пределах измерительной обмотки ($b_1/2 \leq z \leq H/2$)

$$\begin{aligned} \tilde{A}_1 = & \mu_0 \tilde{\delta}_{01} \sum_{i=1}^{\infty} a_{i1} J_1(n_i r) \frac{1}{n_i^2 \operatorname{ch}(n_i H/2)} \times \\ & \times [\operatorname{sh} n_i (b_1/2) \operatorname{sh} n_i (H/2 - z)] + \\ & + \tilde{\delta}_{01} \sum_{k=1}^{\infty} C_{11} I_1(p_1 r) \cos m_k z \end{aligned}, \quad (4)$$

где: $a_{i1} = \frac{2Y_1}{R^2 J_0^2(\lambda_i)}$ – коэффициент ряда Фурье–

Бесселя функции $f_1(r) = 1$ при $r_1 \leq r \leq r_2$ и $f_1(r) = 0$ при $0 \leq r \leq r_1$ и $r_2 \leq r \leq R$, разложенной в промежутке

$(0, R)$; $Y_1 = \int_{r_1}^{r_2} J_1(n_i r) r dr$; J_0 – функция Бесселя первого

рода нулевого порядка; J_1 – функция Бесселя первого рода первого порядка; $n_i = \lambda_i/R$; $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_i, \dots$ – корни уравнения $J_1(\lambda) = 0$;

$b_{k01} = \frac{4}{H} \int_0^{b_1/2} \cos m_k z dz = \frac{4}{m_k H} \sin \frac{m_k b_1}{2}$ – коэффициент

ряда Фурье функции $f_2(z) = 1$ при $-b_1/2 \leq z \leq b_1/2$ и $f_2(z) = 0$ при $-H/2 \leq z \leq -b_1/2$ и $b_1/2 \leq z \leq H/2$, разложенной в промежутке $(-H/2, H/2)$; $m_k = (2k-1)\pi/H$; I_1 – модифицированная цилиндрическая функция Бесселя первого порядка первого рода; $p_1^2 = m_k^2 + p\gamma_1\mu_0$.

После подстановки (3) в (1) и интегрирования получим:

$$\begin{aligned} L_{10} = & \frac{4\pi\mu_0 W_1^2}{a_1^2 b_1^2} \sum_{i=1}^{\infty} \frac{Y_1^2}{\lambda_i^2 J_0^2(\lambda_i)} \times \\ & \times \left[b_1 - \frac{2\operatorname{ch} n_i ((H - b_1)/2) \operatorname{sh} n_i (b_1/2)}{n_i \operatorname{ch}(n_i H/2)} \right], \end{aligned} \quad (5)$$

и

$$L_{1b}(p) = \frac{4\pi W_1^2}{a_1^2 b_1^2} \sum_{k=1}^{\infty} C_{11} Y_3 \sin m_k (b_1/2) / m_k, \quad (6)$$

где: $Y_3 = \int_{r_1}^{r_2} I_1(p_1 r) r dr$.

Аналогично взаимная операторная индуктивность между обмоткой возбуждения и измерительной обмоткой преобразователя определяется выражением:

$$M(p) = \frac{2\pi W_1 W_2}{a_1 b_1 a_2 b_2 \tilde{\delta}_{01}} \int_{h_1}^{h_1+b_2} dz \int_{r_3}^{r_4} r \tilde{A}_1 dr = M_0 + M_\epsilon(p), \quad (7)$$

где: M_0 – взаимная индуктивность между обмотками преобразователя при отсутствии объекта кон-

троля (основная); $M_\epsilon(p)$ – взаимная внесенная операторная индуктивность, обусловленная наличием объекта контроля.

После подстановки (3) в (4) и интегрирования получим:

$$M_0 = \frac{4\pi\mu_0 W_1 W_2}{a_1 b_1 a_2 b_2} \sum_{i=1}^{\infty} \frac{Y_1 Y_2 \operatorname{sh} n_i (b_1/2)}{n_i \lambda_i^2 J_0^2(\lambda_i) \operatorname{ch}(n_i H/2)} \times \\ \times [\operatorname{ch} n_i (H/2 - h_1) - \operatorname{ch} n_i (H/2 - h_1 - b_2)] \quad (8)$$

или

$$M_0 = \frac{8\pi\mu_0 W_1 W_2}{a_1 b_1 a_2 b_2} \times \\ \sum_{i=1}^{\infty} \frac{Y_1 Y_2 \operatorname{sh} n_i (b_1/2) \operatorname{sh} n_i (b_2/2) \operatorname{sh} n_i (H/2 - h_1 - b_2/2)}{n_i \lambda_i^2 J_0^2(\lambda_i) \operatorname{ch}(n_i H/2)} \quad (8')$$

и

$$M_b(p) = \frac{2\pi W_1 W_2}{a_1 b_1 a_2 b_2} \times \\ \times \sum_{k=1}^{\infty} C_{11} Y_4 [\sin m_k (h_1 + b_2) - \sin m_k h_1] / m_k, \quad (9)$$

или

$$M_b(p) = \frac{4\pi W_1 W_2}{a_1 b_1 a_2 b_2} \times \\ \times \sum_{k=1}^{\infty} C_{11} Y_4 \sin m_k (b_2/2) \cos m_k (h_1 + b_2/2) / m_k, \quad (9')$$

где: W_2 – количество витков измерительной обмот-

ки; $Y_2 = \int_{r_3}^{r_4} J_1(n_i r) r dr$; $Y_4 = \int_{r_3}^{r_4} I_1(p_1 r) r dr$;

$$C_{11} = \frac{D_1 S_5 - \mu_r D_2 S_6}{\mu_r p_1 S_6 I_0(p_1 r_5) - S_5 I_1(p_1 r_5)},$$

$$S_1 = I_0(p_3 r_6) K_1(p_3 R) + I_1(p_3 R) K_0(p_3 r_6),$$

$$S_2 = I_1(p_3 r_6) K_1(p_3 R) - I_1(p_3 R) K_1(p_3 r_6),$$

$$S_3 = K_1(p_3 R) [q S_2 I_0(p_2 r_6) - S_1 I_1(p_2 r_6)],$$

$$S_4 = K_1(p_3 R) [q S_2 K_0(p_2 r_6) + S_1 K_1(p_2 r_6)],$$

$$S_5 = p_2 [S_4 I_0(p_2 r_5) - S_3 K_0(p_2 r_5)],$$

$$S_6 = S_4 I_1(p_2 r_5) + S_3 K_1(p_2 r_5),$$

$$D_1 = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{2\mu_0 Y_1 b_{k01} J_1(n_i r_5)}{R^2 J_0^2(\lambda_i) (n_i^2 + m_k^2)},$$

$$D_2 = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{2\mu_0 n_i Y_1 b_{k01} J_0(n_i r_5)}{R^2 J_0^2(\lambda_i) (n_i^2 + m_k^2)},$$

$$q = \frac{\mu_0 p_2}{\mu_r p_3} = \frac{p_2}{\mu_r p_3},$$

где: I_0 и K_0 – модифицированные цилиндрические функции Бесселя нулевого порядка:

$$p_2^2 = m_k^2 + p\gamma\mu,$$

$$p_3^2 = m_k^2 + p\gamma_3\mu_0.$$

Внесенная операторная (по Лапласу) индуктивность (6) аппроксимируется выражением [3]:

$$L'_{1\epsilon}(p) = \frac{L_{1\epsilon k}}{p} + \frac{L_{1\epsilon 0} - L_{1\epsilon k}}{p + \delta} + \frac{\Delta L_{1\epsilon}}{(p + \delta_1)^{\alpha_1}}, \quad (10)$$

где: $L_{1\epsilon 0}$, $L_{1\epsilon k}$ и $\Delta L_{1\epsilon}$ – соответственно начальное, конечное и приближенное значение внесенной индуктивности обмотки возбуждения; δ и δ_1 – коэффициенты затухания (основного и первого приближения); α_1 – показатель степени.

Эти величины и коэффициенты являются информативными относительно параметров контроля.

Коэффициент $\Delta L_{1\epsilon}$, коэффициент затухания δ_1 и показатель степени α_1 в выражении (10) определяются из системы трех уравнений, которые выражают совпадение кривых $L_{1\epsilon}(p)$ и $L'_{1\epsilon}(p)$ в трех точках: p_{j-1} , p_j и p_{j+1} , причем в точке с абсциссой p_j функция:

$$\varphi(p) = L_{1\epsilon}(p) - \frac{L_{1\epsilon k}}{p} - \frac{L_{1\epsilon 0} - L_{1\epsilon k}}{p + \delta},$$

принимает по модулю максимальное значение. Тогда сначала определяется δ_1 из уравнения:

$$\begin{aligned} \ln \frac{\varphi(p_j)^2}{\varphi(p_{j+1})\varphi(p_{j-1})} \ln \frac{p_j + \delta_1}{qp_j + \delta_1} &= \\ = \ln \frac{\varphi(p_{j+1})}{q\varphi(p_j)} \ln \frac{(p_j + q\delta_1)(qp_j + \delta_1)}{q(p_j + \delta_1)^2}, \end{aligned}$$

а потом

$$\alpha_1 = \frac{\ln \frac{\varphi(p_{j+1})}{q\varphi(p_j)}}{\ln \frac{p_j + \delta_1}{qp_j + \delta_1}}, \quad (11)$$

и $\Delta L_{1\epsilon} = \varphi(p_j)(p_j + \delta_1)^{\alpha_1} / p_j$.

Для получения переходных внесенных индуктивностей необходимо перейти от их изображений по Лапласу к оригиналам, то есть осуществить численное обратное преобразование Лапласа. Тогда, преобразовывая (10), для внесенной собственной индуктивности обмотки возбуждения получим:

$$L_{1\epsilon}(t) = L_{1\epsilon k} + (L_{1\epsilon 0} - L_{1\epsilon k})e^{-\delta t} + \frac{\Delta L_{1\epsilon}}{\Gamma(\alpha_1)} t^{\alpha_1 - 1} e^{-\delta_1 t}, \quad (12)$$

где: $\Gamma(x)$ – гамма-функция.

ВЫВОДЫ

1. Получены выражения для собственной и взаимной операторной (преобразованной по Лапласу) и переходной основной и внесенной индуктивностей обмотки возбуждения проходного экранированного кольцевого первичного преобразователя прямоугольного поперечного перереза внутри контролируемой проводящей трубы с током произвольной формы, которая используется в качестве первичного преобразователя для диагностирования технического состояния внутренней поверхности трубопроводов.

2. Полученные результаты целесообразно использовать для определения информативных величин первичной измерительной цепи с проходным первичным вихретоковым преобразователем и их чувствительностей к параметрам и дефектам объекта контроля.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Pipeline Inspection Technologies Demonstration Report. 2004.** Gas Research Institute, 98.
2. **Яцун А.М. 2014.** Векторный потенциал магнитного поля проходного кольцевого вихретокового первичного преобразователя параметрического и трансформаторного типов в проводящей трубе. Motrol. Lublin-Pzeszów. vol. 16. No 4, 167–172.
3. **Яцун М.А., Яцун А.М. 2009.** Собственная и взаимная переходные индуктивности накладного вихретокового преобразователя. Энергетические и электромеханические системы. № 654, 280–285. (Украина).
4. **Яцун А.М. 2011.** Пульсации токов в обмотке статора асинхронного двигателя при наличии дефектов в стержнях клетки ротора. Motrol. Lublin. vol. 13D, 203–209. (Украина).
5. **Яцун А.М. 2013.** Мощность потребления и фазовый сдвиг между напряжением и током накладного кольцевого экранированного преобразователя над проводящей пластиной. Motrol. Lublin-Pzeszów. vol. 15 No 4, 206–211.
6. **Скоклюк М.И., Яцун А.М., Яцун М.А. 1997.** Собственная и взаимная индуктивности цилиндрических соосных обмоток на ферромагнитном сердечнике. Энергетические и электромеханические системы. № 301, 94–102. (Украина).
7. **Яцун М.А. 1983.** Разработка теории экранированных вихретоковых преобразователей и их применение для контроля труб нефтяного сортамента. Ивано-Франковск, 374.
8. **Анго А. 1967.** Математика для электро- и радиоинженеров. М.: Наука, 780.
9. **Шубочкин А.Е. 2014.** Развитие и современное состояние вихретокового метода неразрушающего контроля. М.: ООО “Издательский дом “Спектр”, 288.
10. **Клюев В.В. 2003.** Неразрушающий контроль. Т.2. М.: Машиностроение, 688.
11. **Сухоруков В.В. 1992.** Неразрушающий контроль. Т.3. М.: Высшая школа, 320.
12. **Шарп Р. 1972.** Методы неразрушающих испытаний. М.: Мир, 496.
13. **Федоров В.В. 1971.** Теория оптимального эксперимента. М.: Наука, 378.
14. **Финни Д.В. 1970.** Введение в теорию оптимального эксперимента. М.: Наука, 243.
15. **Muzhitsky V.F., Karabtchewski V.A. 2002.** Computerized Eddy Current Flaw Detector VD-89NM with Higher Reliability of Detection and Danger Level estimation of Stress-corrosion cracks when Inspecting Gas Pipeline under Stress-Corrosion. Pipeline & Gas Journal. Vol. 2, 35–44.
16. **Teisma A. 2004.** Technical Assessment Report Technology Assessment for Delivery Reliability for Natural Gas. Gas Technology Institute, 56.
17. **Schmidt T.R., Atherton D.L., Sullivan S. 1988.** Experience with the Remote Field Eddy Current Technique. Proc. of 3rd Nat. Sem. On Nondestructive Evaluation of Ferromagnetic Materials, Houston, March 23–25th, 89–97.

18. Atherton D.L., Clapham L., Czura W., Mergelas B.J., Smith S., Winslow J., Zhang Y. 1995. Remote Field Eddy Current Defect Interaction, GRI Final Report GRI-95/0506. December. Gas Research Institute, 125.
19. **Delivery Reliability for Natural Gas – Inspection Technologies.** 2005. Technical Semiannual Progress Report DE-FC26-04NT42266. Gas Technology Institute, 215.
20. Рабинович С.Г. 1978. Погрешности измерений. Л.: Энергия, 262.
21. Шу Л., Сон-Линь Х., Вей Ж., Ю. Пенг. 2008. Уменьшение чувствительности к влиянию зазора при контроле импульсным вихретоковым методом с использованием двухступенчатых дифференциальных датчиков. Дефектоскопия. № 2, 84–93.
22. Morris R.A. 1975. Quantitative Pulsed Eddy Current Analysis. Proc. of the 10th Symposium on NDE, 90–97.
23. Лисенко Ю.Ю., Куц Ю.В. 2012. Исследование импульсного режима возбуждения вихретоковых преобразователей. НК и техническая диагностика UkrNDT–2012, 439. (Украина).
24. Лисенко Ю.Ю., Куц Ю.В., Щербак Л.М. 2013. Статическая фазометрия. Вестн. ТГУ им. И. Пулюя, 383. (Украина).
25. Дорофеев А. Л., Казаманов Ю. Г. 1980. Электромагнитная дефектоскопия. М.: Машиностроение, 232.
26. Синеглазов В.М., Вовк В.Г. 2000. Математическое моделирование процесса вихретокового контроля. Техническая диагностика и неразрушающий контроль. № 4, 26–29.
27. Цеховський М.В., Кошовий М.Д., Гаевый В.О. 2004. Вихретоковый преобразователь, построенный на элементах Холла. Вестн. ХГТУсх им. Петра Василенка. Вип. 27. Т.2, 194–197. (Украина).
28. Цеховський М.В., Кошевой Н.Д., Дергачев К.Ю., Кухар А.Н. 2007. Разработка и исследование вихретокового преобразователя. Сб. ОНДИ ВС. Вып. 1(6), 235–239. (Украина).
29. Цеховський М.В., Кошевой Н.Д., Шевченко Т.А. 2002. Использование методов планирования эксперимента для получения оптимальных свойств антифрикционных покрытий. ИКТМ–2002, 200.
30. Цеховський М.В. 2003. Использование датчиков Холла для измерения толщины диэлектрических покрытий на металлических поверхностях. ИКТМ–2003, 179. (Украина).
31. Цеховський М.В. Кошовий М.Д. 2003. Проблемы проектирования накладного электромагнитного преобразователя устройства для измерения толщины диэлектрических покрытий на металлических поверхностях. “Приборостроение–2003”, 59–60. (Украина).
32. Цеховський М.В. Кошовий М.Д., Гаевой В.А. 2004. Измеритель толщины диэлектрических покрытий на основе датчиков Холла. “Приборостроение–2004”, 77–80.

DETERMINATION OF TRANSITIONAL AND OPERATIONAL INDUCTIVE PARAMETERS OF INTERNAL OF EDDY CURRENT OF RING TRANSDUCER IN A CONDUCTIVE PIPE

Summary. The question of monitoring of the technical state of main pipelines for reliability and safety of power mediums (natural gas) transporting acquires the greater actuality because of considerable degree of wearing out and aging of equipment of home oil and gas complex.

The basic task of the technical diagnosing of pipelines is to determine of actual thickness of pipeline wall and to reveal the violation of wholeness defects. The inwardly-pipe diagnostics with the use of intellectual pistons that move under pressure of the transported product is most effective for the technical diagnosing along all length of pipeline with minimum outages in process of pipeline. However such method of diagnostics requires an improvement for ensuring of higher trustworthiness and exactness of control.

Advantages of vortex-current method of control are next: a contact free, absence of remaining magnetic effects and possibility of finding out the superficial cracks with the small opening and defects of metal exfoliation of pipeline. Therefore, a task of determination of statement/operator and transitional parameters of internal thru vortex-current converters of self-reactance and transformer types at an impulsive feed for the obtaining of multi indices information about the object of control is actual.

At control of geometrical sizes, defects and physical and mechanical parameters of conducting materials, details and pipes by an impulsive vortex-current method the informing parameters of primary converter are following: induced transitional own and mutual inductance of field magnetizing coil and test coil and their meter sensitivity to the parameters of control object.

The expressions are got for own and mutual statement (regenerate on Laplace) and transitional basic and induced inductance of field magnetizing coil of thru screened circular primary converter of rectangular cross-sectional into the controlled conducting pipe with the current of free-form that is used as a primary converter, for diagnosing of the technical state of internal surface of pipelines.

On the basis of characteristic values of statement inductances their close numeral reverse Laplace transformation are proposed in order to get the induced transitional inductances.

Obtained results are expedient to use on for determination of informing sizes of primary measuring chain with a transitional primary vortex-current converter and their meter sensitivity to the parameters and defects of control object with the purpose of solution of multi indices information task.

Key words: eddy current, transformer, transitional, conductive, inductance.