

позволяющие расширить представление о закономерностях работы ортогонального вихретокового преобразователя. С помощью разработанной модели установлено, что сигнал ВТП имеет максимум при $\varphi=45^\circ, 135^\circ, 225^\circ, 315^\circ$, а форма зависимости $U/U_{\max} = f(\varphi)$ определяется величиной дефекта и зазора. При различных соотношениях размеров возбуждающей и измерительной обмоток ВТП наблюдается смещение максимума сигнала до $\pm 10^\circ$. Показано, что для больших трещин сигнал ВТП мало зависит от их длины, однако с увеличением зазора чувствительность к размеру трещины увеличивается, а чувствительность к влиянию зазора существенна для коротких трещин. При небольших рабочих зазорах выбор размеров a_1, b_1 не критичен, однако сигнал ВТП монотонно увеличивается при увеличении a_1 и b_1 пропорционально зазору. При увеличении зазора чувствительность к перемещению ВТП вблизи края дефекта уменьшается. Исследованная модель позволяет находить пространственные распределения сигнала ВТП при сканировании образца с поверхностной трещиной. Используя результаты данной работы можно осуществить выбор параметров ортогонального ВТП для решения конкретных задач вихретоковой дефектоскопии.

Список литературы: 1. Неразрушающий контроль: Справочник: В 8 т. / Под общ. ред. В.В. Клюева. Т. 2: В 2 кн. Кн 2: Ю.К. Федосенко, В.Г. Герасимов, А.Д. Покровский, Ю.Я. Останин. Вихретоковый контроль. – 2-е изд., испр. – М.: Машиностроение, 2006. – 688 с.: ил. 2. Соболев В.С., Шхарлет Ю.М. Накладные и экранные датчики (для контроля методом вихревых токов). Новосибирск: Наука, 1967. – 144 с. 3. Н.Н. Зацепин. О некоторых особенностях формирования магнитного поля вихревых токов над поверхностными дефектами проводящих изделий. // *Неруйнівний контроль та технічна діагностика: Матеріали Четвертої національної науково-технічної конференції*, 19 – 23 травня 2003 р., Київ, 2003 р., с.98-100. 4. Патент на корисну модель № 55471 UA, МПК G01N 27/90. Накладний вихорострумний перетворювач для неруйнівного контролю / Г.М. Сучков, Ю.В. Хомяк; заяв. 05.07.2010; опубл. 10.12.2010. 5. Хомяк Ю.В. Фізична модель впливу тонкої поверхневої тріщини металевого зразка на накладний вихорострумний перетворювач // *анотації доповідей XVII Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я»*. – НТУ «ХП» – 2009. – С. 529. 6. Г.М. Сучков, Ю.В. Хомяк. Расчетная модель ортогонального вихретокового преобразователя // *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»*. Збірник наукових праць. «Електроенергетика та преобразовательна техніка». – Харків: НТУ «ХП» – №12. – 2010. – с.196–201. 7. Сучков Г.М., Хомяк Ю.В. Развитие модели взаимодействия вихорострумного перетворювача з металевим зразком, що містить поверхневу тріщину // *Збірник тез доповідей IX Міжнародної науково-технічної конференції ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи*, 27–28 квітня 2010 р., м. Київ, ПФ, НТУУ «КП». – 2010. – с.217–218. 8. Г.М. Сучков, Ю.В. Хомяк. Теоретическое исследование накладного вихретокового преобразователя с минимальной взаимной индуктивностью // *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»*. Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Прилади і методи контролю та визначення складу речовин. – Харків: НТУ «ХП» – №48. – 2008. – с.100–103. 9. Калантаров П.Л., Цейтлин Л.А. Расчет индуктивностей: Справочная книга. – 3-е изд., перераб. и доп. Л.: Энергоатомиздат, 1986. – 488 с.: ил.

Поступила в редколлегию 20.05.11

УДК 620.179.14

Ю.Е. ХОРОШАЙЛО, канд. техн. наук, доцент, ХНУРЭ, Харків
В.А. СВЕТИЧНЫЙ, соискатель ХНУРЭ, Харків

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НАКЛАДНОГО ТРАНСФОРМАТОРНОГО ВИХРЕТОКОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

У роботі запропонована аналітична модель взаємодії накладного трансформаторного перетворювача і плоского, однорідного, неферромагнітного об'єкта. Вихрострумний перетворювач і зона контролю об'єкта представлені у вигляді еквівалентної електричної схеми і трьох кільцевих еквівалентних витків. Визначено залежність вихідного сигналу від електричного струму, частоти, взаємних індуктивностей.

In the work proposed an analytical model of the interaction of the transformer superimposed eddy current transducer and a flat, uniform, nonferromagnetic object. Eddy-current converter and control zone of the object represented in the form of equivalent circuit and three-ring equivalent turns. The dependence of the output signal from an electric current, frequency, and mutual inductances.

Ведение. Вихретоковые измерительные преобразователи (ВИП) широко используются в дефектоскопических исследованиях электропроводящих материалов. Особую роль они играют при неразрушающем контроле тонких неферромагнитных пленок и покрытий. Такие проводящие структуры находят все более широкое применение в электронной промышленности. Пленки и покрытия широко применяются при производстве интегральных микросхем; в авиационной и космической технике; в производстве оптических приборов, в микроволновой технике. В последнее время получили распространение специальные виды покрытий и пленок: проводящая бумага, ткань, различные рыхлые, пористые слои, сеточные структуры, металлические покрытия на ткани и бумаге [1].

Всех ВИП объединяет то, что они генерируют (излучают) в окружающее пространство электромагнитную энергию, которая вызывает изменение электромагнитного поля в исследуемом объекте контроля (ОК). По способу получения первичной информации ВИП можно подразделить на две основные группы – параметрические и трансформаторные [2].

Общим недостатком параметрических и трансформаторных ВИП является зависимость сигнала, прежде всего от температуры, рабочего зазора, электромагнитных свойств ОК. Причем трансформаторные в отличие от параметрических, в значительно меньшей степени подвержены этому недостатку [3]. Конструктивно параметрические ВИП имеют одну обмотку, трансформаторные – несколько обмоток (две и более) [2-3]. В трансформаторных за счет конфигурации и взаимного расположения обмоток могут быть устранены влияния зазора. Используя оптимальные соотношения количества витков первичной и вторичных обмоток, может быть достигнута высокая чувствительность [4].

Анализ литературы. В работе [5] приведено соотношение для выходного сигнала измерительной обмотки накладного трансформаторного ВИП, указав упрощенный теоретический анализ работы накладного трансформаторного ВИП. Более подробная расчетная математическая модель и метод оценки взаимодействия ВИП с объектом, имеющим поверхностную трещину, приведены в [6]. Однако, известные модели имеют сложный вычислительный аппарат как при аналитических так и численных расчетах. В [7] рассматривается модель ОК в виде полупространства с кусочно-линейным изменением по глубине удельного сопротивления в поверхностном слое. В продолжение [8] предлагаются упрощенные модели для упрочненного изделия в виде полупространства с однородным слоем или со слоем линейного изменения удельного сопротивления по глубине. В [9-10] предложена модель трансформаторного проходного ВИП для цилиндрического ОК, где получены соотношения для определения эквивалентных сопротивлений, построены графики зависимости относительного сопротивления ВИП от глубины проникновения поля в исследуемый цилиндрический ОК для двух разных конфигураций катушек ВИП и для разных марок стали. Однако, несмотря на достаточное развитие теоретических и прикладных аспектов современных методов вихревого контроля, универсальных, надежных и высоко чувствительных с хорошими метрологическими показателями, методы получения и обработки экспериментальных данных в настоящее время разработаны недостаточно.

Основная часть. Надежный метод получения результатов должен основываться на математической модели адекватно определяющую физический процесс. Целью настоящей работы является обобщенный аналитический анализ математической модели трансформаторного ВИП накладного типа при взаимодействии с плоским, однородным ОК (удельная электрическая проводимость $\sigma = const$). Физическая модель представляет собой систему, включающую в себя возбуждающую обмотку, измерительную обмотку, и ОК. Геометрические размеры системы ВИП - ОК согласуются таким образом, чтобы обеспечить однородность электромагнитного поля в зоне контроля. Заменяем физическую модель эквивалентной электрической схемой из связанных контуров с трансформаторной связью, рис.1. Первый контур образован задающим генератором и возбуждающей обмоткой ВИП. Объект контроля представлен как второй контур, содержащий индуктивность и активное сопротивление. Третьим контуром является измерительная обмотка ВИП. На схеме: показаны R_1, L_1, I_1 - сопротивление, индуктивность и ток возбуждающей обмотки ВИП; U_1 - напряжение, задающего генератора и приложенное к первичной обмотке; R_2, L_2, I_2 - эквивалентные электрические параметры исследуемого ОК; R_3, L_3, I_3 - электрические параметры измерительной катушки; U_3 - напряжение на клеммах измерительной катушки. M_{12}, M_{23}, M_{13} - взаимные индуктивности контуров, зависящие от размеров и формы контуров, расстояния между ними, от их взаимного расположения и от

магнитной проницаемости μ окружающей среды (в нашем случае для воздуха $\mu = 1$).

Используя законы Кирхгофа для цепей переменного тока, получим систему уравнений в комплексной форме:

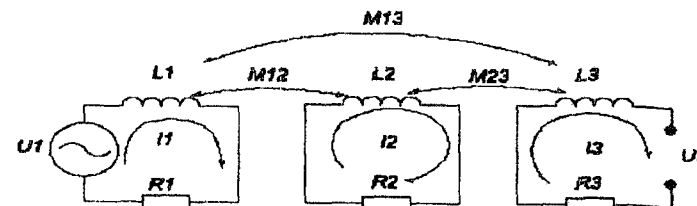


Рис.1. Эквивалентная схема взаимодействия ВИП и ОК.

$$\begin{cases} \dot{I}_1 R_1 + \dot{I}_1 j\omega L_1 + \dot{I}_2 j\omega M_{12} + \dot{I}_3 j\omega M_{13} = \dot{U}_1, \\ \dot{I}_2 R_2 + \dot{I}_2 j\omega L_2 + \dot{I}_1 j\omega M_{12} + \dot{I}_3 j\omega M_{23} = 0, \\ \dot{I}_3 R_3 + \dot{I}_3 j\omega L_3 + \dot{I}_2 j\omega M_{23} + \dot{I}_1 j\omega M_{13} = \dot{U}_3 \end{cases} \quad (1)$$

Анализируя данную систему, рассчитаем \dot{U}_3 - выходное напряжение ВИП. Учитывая то, что нагрузкой для измерительного контура является высокоомный вход предварительного усилителя, допускаем значение тока протекающего в измерительной обмотке, $\dot{I}_3 \rightarrow 0$. При этом система уравнений упростится и примет вид:

$$\begin{cases} \dot{I}_1 R_1 + \dot{I}_1 j\omega L_1 + \dot{I}_2 j\omega M_{12} = \dot{U}_1, \\ \dot{I}_2 R_2 + \dot{I}_2 j\omega L_2 + \dot{I}_1 j\omega M_{12} = 0, \\ \dot{I}_2 j\omega M_{23} + \dot{I}_1 j\omega M_{13} = \dot{U}_3 \end{cases} \quad (2)$$

Решая данную систему, получим:

$$\dot{I}_2 = -\dot{I}_1 \frac{j\omega M_{12}}{R_2 + j\omega L_2} \quad (3)$$

$$\dot{U}_3 = \dot{I}_1 \left(j\omega M_{13} + \omega^2 \frac{M_{12} M_{23}}{R_2 + j\omega L_2} \right) \quad (4)$$

Известно, что ВИП индуцирует в ОК замкнутые вихревые токи, что позволяет представить зону контроля в виде близко расположенных концентрических токопроводов. Толщина каждого равна эквивалентной глубине проникновения электромагнитного поля в зону контроля. Глубина проникновения δ , зависит от частоты тока протекающего в возбуждающей обмотке: чем ниже частота, тем больше проникновения электромагнитного

поля в ОК, и определена расстоянием, при котором объемная плотность тока уменьшается не более чем в e - раз.

Для определения значений индуктивности L_2 и взаимных индуктивностей контуров M_{12}, M_{13}, M_{23} , представим эквивалентную схему взаимодействия ВИП и ОК в виде взаимодействия трех кольцевых проводников рис.2.

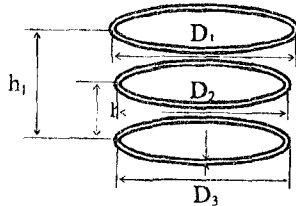


Рис.2. Взаимодействие трех кольцевых проводников

Возбуждающая обмотка ВИП представлена витком с диаметром по осевой линии проводника D_1 , измерительная обмотка представлена витком с диаметром D_2 , зона контроля объекта представлена витком с диаметром D_3 . Диаметр поперечного сечения токопровода витка, обозначен d , для зоны контроля $d = \delta$. h_1 - расстояние между ОК и возбуждающей обмоткой, h_2 - расстояние между ОК и измерительной обмоткой.

Значения активного сопротивления R_2 и циклической частоты ω , получим из следующих выражений:

$$R_2 = 4 \frac{D_2}{\sigma \delta^2}, \quad \omega = \frac{2}{\delta^2 \mu_r \mu_0 \sigma}, \quad (5)$$

где μ_0 - магнитная постоянная = $1,26 \cdot 10^{-6}$ Гн/м., μ_r - относительная магнитная проницаемость вещества, σ - удельная электрическая проводимость.

Для любого кольцевого проводника собственная индуктивность L легко определяется по формуле [11].

$$L = 0,5 \mu_0 D \left(\ln \frac{4D}{d} - 2 + \frac{\xi}{4} \right), \quad (6)$$

где D - диаметр (по осевой линии) кольцевого проводника; d - диаметр поперечного сечения токопровода витка; ξ - функция, значение которой может, определено [11] как:

$$\xi = \frac{8}{kd} \frac{b_0}{b_1} \sin(\beta_0 - \beta_1 - \frac{\pi}{4}), \quad (7)$$

где $k = \sqrt{\mu_0 \mu_r \sigma \omega}$, b_0 и β_0 - модуль и аргумент Бесселевой функции $I_0(z)$ первого рода нулевого порядка, b_1 и β_1 - модуль и аргумент

Бесселевой функции $I_1(z)$ первого рода нулевого порядка, причем $z = kde \frac{j\pi}{4}$, значение Бесселевых функции для различных значений z могут быть взяты из [12-13], $\omega = 2\pi f$ - циклическая частота.

Таким образом, индуктивность ОК можно определить как:

$$L_2 = 0,5 \mu_0 D_2 \left(\ln \frac{4D_2}{\delta} - 2 + \frac{\xi}{4} \right), \quad (8)$$

Так как система взаимодействия ВИП - ОК выполнена из неферромагнитного материала $\mu = 1$, тогда значение для взаимных индуктивностей любых круговых контуров согласно [11] можно определить из соотношения:

$$M = \mu_0 \sqrt{\frac{D_1 D_2}{2}} f(\Delta), \quad (9)$$

где $f(\Delta)$ - функция определяющая форм-фактор ВИП, и

$$\text{определяемая из выражения: } f(\Delta) = \left(\frac{2}{\Delta} - \Delta \right) K - \frac{2}{\Delta} E, \quad (10)$$

где K и E - эллиптические интегралы первого и второго рода [12], а параметр λ - определяет геометрические размеры и взаимоположение контуров ВИП:

$$\Delta = 2 \sqrt{\frac{D_1 D_2}{(D_1 + D_2)^2 + 4h_y^2}} \quad (11)$$

Для определения взаимных индуктивностей контуров M_{12}, M_{13}, M_{23} , подставим (9), (10), и (11) в необходимые значения и после некоторых преобразований, получим:

$$M_{12} = \mu_0 \sqrt{\frac{D_1 D_2}{2}} f(\Delta_{12}); \quad f(\Delta_{12}) = \left(\frac{2}{\Delta_{12}} - \Delta_{12} \right) K - \frac{2}{\Delta_{12}} E, \quad (12)$$

$$\Delta_{12} = 2 \sqrt{\frac{D_1 D_2}{(D_1 + D_2)^2 + 4(h_1 + h_2)^2}}$$

$$M_{13} = \mu_0 \sqrt{\frac{D_1 D_3}{2}} f(\Delta_{13}), \quad f(\Delta_{13}) = \left(\frac{2}{\Delta_{13}} - \Delta_{13} \right) K - \frac{2}{\Delta_{13}} E, \quad (13)$$

$$\Delta_{13} = 2 \sqrt{\frac{D_1 D_3}{(D_1 + D_3)^2 + 4h_1^2}}$$

$$M_{23} = \mu_0 \sqrt{\frac{D_2 D_3}{2}} f(\Delta_{23}), \quad f(\Delta_{23}) = \left(\frac{2}{\Delta_{23}} - \Delta_{23} \right) K - \frac{2}{\Delta_{23}} E, \quad (14)$$

$$\Delta_{23} = 2 \sqrt{\frac{D_2 D_3}{(D_2 + D_3)^2 + 4h_2^2}}$$

Вывод. Полученные зависимости позволяют производить расчет накладных трансформаторных ВИП различных конструкций, оценивать зависимость выходного напряжения от значений индуктивности ОК, взаимондуктивностей контуров, частоты протекающего в возбуждающей обмотке. Получена уточненная формула определяющая геометрические размеры и взаиморасположение контуров вихретоковых преобразователей.

Список литературы: 1. Светличный В.А. Неразрушающий контроль плесок и покрытий / В.А. Светличный, В.В. Тулунов // Системы озбросия і військова техніка – Харків ХУПС ім. І.Кожедуба - 2010 - №3(23) с.160-162. 2. Неразрушающий контроль. Справочник в 7 т.: Т.2 / под общ. ред. В.В.Клюева. М.; Машиностроение, 2003. – 688с.:ил. 3. Каневский И.Н. Неразрушающие методы контроля: Учебное пособие / Каневский И.Н., Сальникова Е.Н. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2007. – 243 с. 4. Герасимов В.Г., Клюев В.В., Шатерников В.Е. Методы и приборы электромагнитного контроля промышленных изделий. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 272 с. 5. Сучков Г.М. Теоретическое исследование накладного вихретокового преобразователя / Г.М. Сучков, Ю.М. Хомяк // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Прилади та методи неруйнівного контролю. – Харків: НТУ "ХПІ" – № 48. – 2008. – 150 с. 6. Хомяк Ю.М. Расчетная модель ортогонального вихретокового преобразователя / Ю.М. Хомяк, Г.М. Сучков // Вісник Національного о технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. "Електроенергетика преобразовательная техника". – Харків: НТУ «ХПІ» - № 12. - 2010. - 208 с. 7. Митрофанов В.А. Теоретические основы трехпараметрового контроля упроченного слоя асимметричным ЭП преобразователем на квазипостоянном токе. Ч.1. Модель НЛ / В.А. Митрофанов, С. Г. Грязев // Дефектоскопия. 2003 -№11. – С.73-81. 8. Митрофанов В.А. Теоретические основы трехпараметрового контроля упроченного слоя асимметричным ЭП преобразователем на квазипостоянном токе. Ч.2. Модели Н и L / В.А. Митрофанов, С. Г. Грязев // Дефектоскопия. 2003 -№12. – С.73-83. 9. Горкунов Б.М. Моделирование вихретокового преобразователя для контроля поверхностных слоев металлических изделий / Б.М. Горкунов, И.В. Тюпа, А.А. Тищенко // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Інформатика і моделювання. – Харків: НТУ "ХПІ", 2008. – № 48. – 150 с. 10. Горкунов Б.М. Выбор рациональных размеров катушек вихретокового преобразователя для контроля металлических изделий / Б.М. Горкунов, Н.Н. Сиренко, И.В. Тюпа, А.А. Тищенко // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Інформатика і моделювання. – Харків: НТУ "ХПІ", 2008. – № 49. – 192 с. 11. Калантаров П. Л. Расчет индуктивностей: Справочная книга. / П.Л. Калантаров, Л.А. Цейтлин — 3-е изд., перераб. и доп. Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отделение, 1986. —488 с.: ил. 12. Двайт Г.Б. Таблицы интегралов и другие математические формулы./ Г.Б. Двайт / пер. с англ. - 2-е изд., испр. - М.: Наука, 1973. - 228 с. 13. Бейтмен Г., Эрдейи А. «Высшие трансцендентные функции. Функции Бесселя, функции параболического цилиндра, ортогональные многочлены». Справочная математическая библиотека М. Физматгиз 1966 г. 296 с.

Поступила в редколлегию 20.05.11

УДК 621.318.3

В. Я. ГАЛЬЧЕНКО, доктор техн. наук, проф., ГУ «ЛГМУ», Луганськ
Д. Л. ОСТАПУЩЕНКО, канд. техн. наук, ГУ «ЛГМУ», Луганськ
А. Н. ЯКИМОВ, ГУ «ЛГМУ», Луганськ
 ГУ «Луганский государственный медицинский университет»

ЭФФЕКТИВНЫЙ АЛГОРИТМ АНАЛИЗА ТОПОГРАФИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ЗАДАЧАХ ОПТИМАЛЬНОГО СИНТЕЗА ПРОХОДНЫХ АКСИАЛЬНО-СИММЕТРИЧНЫХ НАМАГНИЧИВАЮЩИХ СИСТЕМ

У роботі наведено економічний у сенсі витрат обчислювальних ресурсів алгоритм аналізу конфігурації магнітного поля вісесиметричних намагнічуючих систем, що містять ферромагнітні елементи, методом поверхневих інтегральних рівнянь, який дозволяє реалізувати розв'язок задачі синтезу намагнічуючих пристроїв як задачі глобальної оптимізації з урахуванням лінійної залежності між намагніченістю матеріалу та напруженістю поля.

In this work an effective design method for axisymmetric systems, which contain ferromagnetic elements, based on joint using of the boundary integral equations with a global evolutionary multiagent optimization technique, is considered. The linear dependence between magnetization of material and strength of magnetic field has been taken in account.

Введение. В технике магнитного неразрушающего контроля широкое распространение получили намагничивающие системы (НС), содержащие ферромагнитные элементы, которые используются в качестве концентраторов поля. В этом случае топография поля в рабочем объеме НС определяется не только конфигурацией магнитного поля первичных источников, в качестве которых наиболее часто применяются обмотки с током, но и формой ферромагнитных элементов, а также магнитными характеристиками используемых при их изготовлении материалов. Часто к НС предъявляются требования, обусловленные их функциональным назначением и связанные с характером распределения магнитного поля в рабочем объеме, которые должны быть учтены на этапе проектирования. Этого удается достичь путем выбора конструктивных параметров НС, в том числе, определяющих геометрическую конфигурацию входящих в ее состав ферромагнитных деталей, руководствуясь условиями, обусловленными требованиями к топографии поля. Связь конструктивных параметров НС с распределением поля в рабочем объеме имеет достаточно сложный характер, поэтому представляет интерес автоматизация процесса выбора их оптимальных значений и данная задача может решаться как задача оптимального параметрического синтеза. Оптимальный синтез предполагает построение параметризованной модели НС, позволяющей осуществлять анализ пространственной конфигурации поля в ее рабочем объеме при различных значениях параметров, оценивание полученного распределения в соответствии с заданным критерием оптимальности. При этом значения

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Стенцель Й.І., Рябіченко А.В., Літвінов К.А.</i> Фізичні моделі перетворень в ультразвукових засобах контролю рівня рідинних середовищ.....	3
<i>Стенцель Й.І., Євсюков В.В., Шаповалов О.І.</i> Математичні моделі ультразвукового засобу контролю рівня рідинних середовищ за реперним каналом.....	19
<i>Стенцель Й.І., Поркуян О.В., Проказа О.І.</i> Дослідження вимірювального контролю технологічних параметрів при реологічних перетвореннях хімічних процесів.....	31
<i>Стенцель Й.І., Поркуян О.В., Кузнецова О.В.</i> Дослідження похибок оптимального контролю технологічного процесу випарювання аміачної селітри методом інтегрального функціоналу.....	37
<i>Стенцель Й.І., Шаповалов О.І., Томсон А.В., Янішина А.С.</i> Основи теорії магнітострикційного засобу контролю рівня рідинних середовищ.....	45
<i>Стенцель Й.І., Томсон А.В., Євсюков В.В., Літвінов К.А.</i> Дослідження похибок реперного каналу ультразвукових засобів контролю рівня рідинних середовищ.....	55
<i>Кондрашов С.І., Григоренко І.В., Денисенко Г.О.</i> Дослідження можливості корекції динамічної похибки при тестовому контролі у випадку експоненційної моделі зміни вхідного сигналу.....	61
<i>Барапов М.И., Лысенко В.О.</i> Приближенный расчет напряженности магнитного поля и плотности тока в воздействующем на древесину сильноточном плазменном канале искрового разряда линейной молнии.....	69
<i>Киреева Ж.А., Киреев В.А., Семеница А.Ю.</i> Диагностирование ошибок монтажа цифровых узлов радиоэлектронной аппаратуры.....	79
<i>Авраменко А.А., Скопенко В.В., Горкунова И.Б.</i> Вихретоковий контроль дефектов циліндричних изделий в поперечном поле.....	84
<i>Глоба С.Н.</i> Физические основы капиллярного неразрушающего контроля.....	88
<i>Горкунов Б.М., Тищенко А.А.</i> Метод суперпозиции при определении глубины упрочненного слоя вихретоковым методом.....	94
<i>Глебова Л.В.</i> Выбор режимов работы емкостного преобразователя акустических колебаний.....	98
<i>Львов С.Г., Багмет О.Л., Скопенко В.В.</i> Устройство для размагничивания ферромагнитных изделий.....	102
<i>Сучков Г.М., Десятниченко А.В.</i> Портативный ЭМА толщиномер для контроля металлоизделий.....	106
<i>Подулях К.С., Медведева Л.А., Тополов И.И.</i> К расчету параметров цифровых вольтметров уравнивающего преобразования.....	111

<i>Сучков Г. М., Хомяк Ю.В., Добробаба М.В.</i> Исследование модели накладного ортогонального вихретокового преобразователя.....	113
<i>Хорошайло Ю.Е., Светличный В.А.</i> Математическая модель накладного трансформаторного вихретокового преобразователя.....	127
<i>Гальченко В.Я., Остапуценко Д.Л., Якимов А. Н.</i> Эффективный алгоритм анализа топографии магнитного поля в задачах оптимального синтеза проходных аксиально-симметричных намагничивающих систем.....	133
<i>Рижиков В.Д., Ополонін О.Д., Волков В.Г., Лисецька О.К., Галкін С.Н., Воронкін Е.Ф.</i> Двохенергетична цифрова рентгенографічна система з можливістю розділення речовин за ефективним атомним номером.....	144
<i>Тюпа И.В.</i> Формализованный метод расчета информационного вихревого тока в объекте контроля.....	152
<i>Горбашова А.Г., Петрищев О.Н., Сучков Г.М.</i> Электромагнитное возбуждение радиально распространяющихся поверхностных волн Рэлея.....	159
<i>Мирошниченко О.Н., Чурносоев А.П., Яковенко В.В.</i> Магнитный неразрушающий контроль виброупрочненного слоя поверхности стальных изделий.....	183
<i>Левченко В.Г.</i> Реконструкция поверхности сварочного шва по результатам сканирования вихретоковым датчиком.....	195
<i>Сучков Г.М., Ерощенков В.М., Мищанчук Е.В., Ноздрачова К.Л., Титова Н.В.</i> Возможность ультразвукового контроля зварних з'єднань без видалення фарбового покриття.....	199
<i>Безьялянский Ю.Г., Богдан Г.А., Евко И.Г., Иванюк Н.А., Козирацкий Е.А.</i> Контроль неоднородности свойств порошковых материалов по результатам акустических измерений.....	204

Наукове видання

**ВІСНИК
НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
«ХПІ»**

Збірник наукових праць

Електроенергетика та перетворювальна техніка

№ 19'2011

Відповідальний за випуск *І. Б. Обухова*
Науковий редактор *Г. М. Сучков*
Технічний редактор *Е. Л. Ноздрачева*

Обл.-вид. № 85-11

Підп. до друку 07.06.2011 р. Формат 60 × 84 ¹/₈. Папір офісний.
Riso-друк. Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 12,4. Наклад 300 прим. 1-й з-д 1–100.
Зам. № 190. Ціна договірна.

Видавничий центр НТУ «ХПІ».
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 3657 від 24.12.2009 р.
61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

Друкарня НТУ «ХПІ», 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

ISSN 2079-4525



ВЕСТНИК

**НАЦИОНАЛЬНОГО
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

«ХПИ»

19'2011

Харьков

ВЕСТНИК

НАЦИОНАЛЬНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

«ХПИ»

Сборник научных трудов

**«Электроэнергетика и
преобразовательная техника»**

19'2011

Издание основано Национальным техническим университетом «Харьковский политехнический институт» в 1999 году

КООРДИНАЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Председатель
Л.Л. Говажнянский, д-р техн. наук, проф.
Ответственный секретарь
К.А. Горбунов, к-т техн. наук, доц.
А.П. Марченко, д-р техн. наук, проф.;
В.И. Сокол, д-р техн. наук, проф.;
В.Е. Александров, д-р техн. наук, проф.;
Л.М. Бесов, д-р ист. наук, проф.;
А.В. Бойко, д-р техн. наук, проф.;
Ф.Ф. Гладкий, д-р техн. наук, проф.;
М.Д. Годлевский, д-р техн. наук, проф.;
А.И. Грбаченко, д-р техн. наук, проф.;
В.Г. Дашко, д-р техн. наук, проф.;
В.Д. Дмитриенко, д-р техн. наук, проф.;
И.Ф. Домнин, д-р техн. наук, проф.;
В.В. Епифанов, к-т техн. наук, проф.;
Ю.И. Зайцев, к-т техн. наук, проф.;
Н.А. Качанов, д-р техн. наук, проф.;
В.В. Клепиков, д-р техн. наук, проф.;
С.И. Комрашов, д-р техн. наук, проф.;
Н.М. Кошельник, д-р техн. наук, проф.;
В.И. Кравченко, д-р техн. наук, проф.;
Г.В. Лисичук, д-р техн. наук, проф.;
В.С. Лупиков, д-р техн. наук, проф.;
О.К. Морачковский, д-р техн. наук, проф.;
В.И. Николаенко, к-т ист. наук, проф.;
Н.А. Пуляев, д-р техн. наук, проф.;
М.И. Рыщенко, д-р техн. наук, проф.;
В.Б. Самородов, д-р техн. наук, проф.;
Г.М. Сучков, д-р техн. наук, проф.;
Ю.В. Тимофеев, д-р техн. наук, проф.;
Н.А. Ткачук, д-р техн. наук, проф.

Государственное издание

**Свидетельство Госкомитета по
информационной политике Украины
КВ № 5256 от 2 июля 2001 года**

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Ответственный редактор:
Г.М. Сучков, д-р техн. наук, проф.

Ответственный секретарь:
Н.Н. Юданова;
Е.Л. Ноздрачева;

Е.И. Сокол, д-р техн. наук, проф.;
В.Б. Клепиков, д-р техн. наук, проф.;
Б.В. Клямменко, д-р техн. наук, проф.;
В.В. Воинов, канд. техн. наук, доц.;
Б.М. Горкунов, канд. техн. наук, доц.;
В.С. Лупиков, д-р техн. наук, проф.;
А.Г. Гурин, д-р техн. наук, проф.;
И.В. Тюпа, канд. техн. наук, доц.

**Адрес редколлегии: 61002, Харьков,
ул. Фрунзе, 21. НТУ «ХПИ».
Каф. ПМНК, тел. (0572) 7076380.**

Харьков 2011