

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ ОГРАНИЧИВАЮЩИХ МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РЕЗОНАНСНОЙ ВИХРЕТОКОВОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ

Хорошайло Ю.Е., Светличный В.А., Александров Ю.Н.
Харьковский национальный университет радиоэлектроники,
пр.Ленина, 14, г. Харьков, Украина 61166, vit.svet@mail.ru

Резюме: К основным мешающим факторам измерений толщины покрытий относятся, влияние результатов измерений свойств материалов покрытия и основания, свойств и конфигурации поверхности, напряжение помех в измерительных катушках, влияние изменения зазора между преобразователем и объектом контроля. Для незранированных резонансных вихретовых преобразователей накладного типа, предложены метод и средства, реализующие компенсацию влияния изменения рабочего зазора преобразователей.

Ключевые слова: вихретовый преобразователь, импеданс, резонансная характеристика, толщина, добротность, тонкие ферромагнитные пленки.

Введение

Точность измерений толщины покрытий ограничивается влиянием различных факторов. К основным мешающим факторам относятся, например, влияние на результаты измерений свойств материалов покрытия и основания, свойств и конфигурации поверхностей, влияние изменений зазора между вихретовым измерителем преобразователем (ВИП) и объектом контроля (ОК), напряжение помех в измерительных катушках (складывающееся из напряжения компенсации и наводок от внешних полей), влияние изменения зазора между ВИП и ОК. Общие технические требования к ВИП отображены в ГОСТ 23048-83 «Преобразователи вихрековые. Общие технические требования» [1].

Компенсация влияния изменения рабочего зазора при использовании незранированных резонансных ВИП накладного типа, работающего на двух различных частотах

Частота измерительного канала (f_i) выбирается из условия независимости выходного сигнала от толщины измеряемой структуры при сохранении независимости зазора. Частота компенсационного канала (f_u) выбирается из условия максимальной чувствительности

сигнала компенсационного канала.

Для того, чтобы оценить необходимую частоту f_i и выявить алгоритм обработки сигнала измерительного и компенсационного каналов, мы проанализировали функции преобразования для измерительного и компенсационного каналов.

Согласно [2-4] при анализе ВИП измерительного канала амплитудная функция преобразования при питании возбуждающей катушкой от идеального генератора тока ($R_i = \infty$) в режиме холостого хода ($Z_l = \infty$), имеет вид

$$H = \frac{36 + \gamma^2}{\sqrt{(36 + 6V_2\gamma + \gamma^2) + (V_2\gamma)^2}}$$

где γ, ξ, β - обобщенные параметры системы ВИП-ОК

$$\gamma = \xi\beta^2 = 2dR\omega\sigma\mu_0, \xi = \frac{2d}{R};$$

$$\beta = R\sqrt{\omega\sigma\mu_0},$$

здесь d - толщина ОК, R - радиус катушки, ω - циклическая частота, σ - удельная электрическая проводимость, μ - магнитная проницаемость

ферромагнитных пленок или пластин, толщина которых значительно меньше радиуса возбуждающей катушки и глубины проникновения вихревой волны т.е. когда выполняются условия:

$$\gamma \ll 1, \xi\beta \ll 1, \mu = 1.$$

Тогда соотношение [2; 4-6] справедливо следующее соотношение

$$\gamma \ll 1, \xi\beta \ll 1, \mu = 1. \quad (2)$$

При этом значения параметров для случая измерения тонких алюминиевых пленок: толщина $d \leq 2$ мкм, частота $f_i = 70$ кГц и радиус $R = 1$ см.

$$\mu \ll 1, R\sqrt{\omega_2\sigma\mu_0} = 45; \xi = \frac{2d}{R} \leq 4 \times 10^{-4}$$

$$\gamma \ll 1, 2Rd\omega_2\sigma\mu_0 < 0,8; \xi\beta \leq 1,8 \times 10^{-2}.$$

Как видно, условия (2) выполняются. Для выполнения условий в частности $\gamma \ll 1$ и добротности измерительного канала $Q \gg 1$ выражение для характеристики преобразования можно использовать несложные алгоритмы обработки измерительного сигнала

$$H \approx \frac{6}{6 + V_2\gamma} = \frac{6}{6 + V_{20}e^{-\frac{3}{2}\alpha}\gamma} \quad (3)$$

Рассмотрим выражение для вносимого импеданса [3; 7-9]

$$Z_{in} = -j24 \cdot 10^{-7} \omega R W^2 e^{-\frac{3}{2}\alpha} \varphi_1(\beta, \xi) \quad (4)$$

Можно показать, что условием независимости вносимого импеданса является

$$\sqrt{1 + j4\beta^2} \geq (2...3).$$

При больших значениях $\beta \gg 1$ это условие можно записать

$$\sqrt{1 + j4\beta^2} \approx \frac{\xi\beta}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{2}} + j \frac{1}{\sqrt{2}} \right) \geq (2...3)$$

$$\xi\beta \geq 4..6 \quad (5)$$

при $\beta \geq 100000$ или при рабочей частоте $f_i \geq 3400$ МГц. применение ВИП в этом диапазоне нецелесообразно, поэтому использование рассматриваемого метода для контроля толщин до 2 мкм практически невозможно.

Определим минимальную толщину d ОК, при которой возможно использование рассматриваемого метода. Полагая максимально допустимой частоту $f_e \leq 28$ МГц (для $R = 1$ см), получим $\beta_{max} = 900$ и согласно (2)

$$\xi = \frac{2d}{R} = \frac{3..6}{900}, \quad (6)$$

получим $d_{min} \geq (17...33)$ мкм. Значение φ_1 для (4) принимает вид

$$\varphi_1(\beta) = -j \frac{2\beta^2}{6\beta\sqrt{1 + j2\beta^2}} = -j \frac{\beta}{3\sqrt{1 + j\beta^2}}$$

учитывая, что при рассматриваемых частотах $\beta \gg 1$, получим

$$\varphi = -1. \quad (7)$$

Из (7) следует, что ВИП при условии (3) практически не будет реагировать ни на вариации толщины, ни на вариации проводимости.

С учетом (7) и (4) можно заключить, что вносимый импеданс при условии (3) зависит только от изменения рабочего зазора

$$Z_{in} = -jAe^{\frac{3}{2}\alpha} = jAe^{\frac{3}{2}\alpha} \quad (8)$$

Выражение для характеристики преобразования накладного резонансного ВИП

$$H_0 = \frac{1}{1 + \frac{Z_{in}}{r_2}}$$

Можно показать, что для условия (7)

$$H_0 = \frac{1}{1 + jV_2}, \quad (9)$$

$$H_{OK} = \frac{1}{\sqrt{1+jV_2}} = \frac{1}{\sqrt{1+V_{20}e^{-\frac{3}{2}\alpha_K}}}, \quad (10)$$

при значениях добротности $V_2 \gg 1$ эта функция

$$H_{OK} \approx \frac{1}{V_2} = \frac{e^{-\frac{3}{2}\alpha_K}}{V_{20}}. \quad (11)$$

Поэтому при условии (5) функция преобразования является функцией только изменения рабочего зазора α_K .

Таким образом, при выполнении условия (1) в измерительном канале и (5) - в компенсационном, алгоритм обработки выходного сигнала ВИП обоих каналов можно найти, воспользовавшись зависимостями (3) и (11) или (10).

Способы компенсации влияния изменения зазора

Для осуществления компенсации влияния изменения зазора, в рассматриваемом методе возможны два варианта размещения измерительного и компенсационного каналов ВИП относительно ОК:

1. по разные стороны ОК,
2. по одну сторону ОК.

Для первого варианта размещения измерительного и компенсационного каналов ВИП показано на рис. 1. Функциональная схема алгоритма обработки сигналов на рис. 2.

Согласно этой схеме имеем

$$\dot{U}_1 = 1 + \gamma \frac{V_{U20}}{6} e^{-\frac{3}{2}\alpha_U};$$

$$\dot{U}_2 = \gamma \frac{V_{U20}}{6} e^{-\frac{3}{2}\alpha_K};$$

$$U_E = V_{K20} e^{-\frac{3}{2}(\alpha_U - \alpha_K - \frac{2d}{R_U})} \approx V_{K20} e^{-\frac{3}{2}(\alpha_U - \alpha_K)},$$

где

$$\alpha_0 = \frac{2\tilde{N}}{R_E}; \quad R_U = R_K$$

$$U_{\text{вх}} = \gamma \frac{V_{U20} V_{K20}}{6} e^{-\frac{3}{2}\alpha_0} =$$

$$\left(R_U \sigma \mu_0 V_{U20} V_{K20} e^{-\frac{3}{2}(\alpha_U - \alpha_K)} \right)$$

где коэффициент пропорциональности

$$A_1 = R_U \sigma \mu_0 \frac{V_{U20} V_{K20}}{3} e^{-\frac{3}{2}\alpha_0}. \quad (12)$$

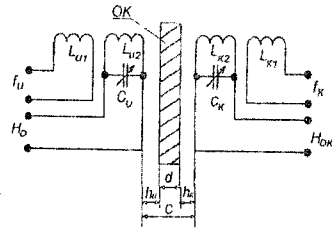


Рис. 1 Размещение измерительного и компенсационного каналов ВИП по разные стороны ОК

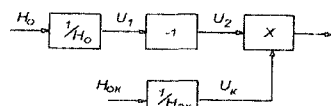


Рис. 2 Функциональная схема алгоритма обработки сигналов измерительного и компенсационного каналов

Из (12) следует, что выходное напряжение ВИП пропорционально толщине ОК и зависит от изменения рабочего зазора. При чувствительность будет тем больше, больше добротности обоих V_{U20} и V_{K20} и меньше расстояния С. Замечено, что полная компенсация будет происходить при одинаковых радиусах катушек L_U и

$$\left(\frac{h_K}{R_K} = \frac{h_U}{R_U} \right).$$

В рассматриваемом варианте

расположения каналов ВИП выполнение условия не вызывает никаких трудностей.

Для второго варианта каналы ВИП размещены с одной стороны ОК рис. 3. Функциональная схема алгоритма обработки сигналов представлена на рис. 4.

Согласно схеме, (3) и (11) имеем

$$U_2 = \gamma \frac{V_{U20}}{6} e^{-\frac{3}{2}\alpha_U};$$

$$U_{\text{вх}} = \gamma \frac{V_{U20}}{6} e^{-\frac{3}{2}(\alpha_U - \alpha_K)}$$

Последнее соотношение можно преобразовать как

$$U_{\text{вх}} = A_2 d. \quad (13)$$

где коэффициент пропорциональности

$$A_2 = \frac{R_U \sigma \mu_0 V_{U20}}{3V_{E20}} e^{-\frac{3}{2}(\alpha_U - \alpha_K)} \quad (14)$$

Для случая $\alpha_U = \alpha_K$ выходной сигнал (15) вариаций зазора не зависит.

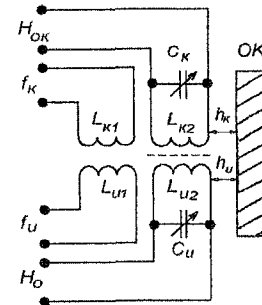


Рис. 3 Размещение измерительного и компенсационного каналов ВИП с одной стороны ОК

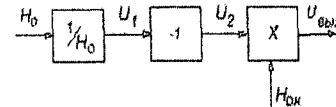


Рис. 4 Функциональная схема алгоритма обработки сигналов

Сравнивая варианты 1 и 2, можно видеть, что чувствительность ВИП во втором варианте больше, чем в первом. Из (16) следует, что чувствительность ВИП будет тем больше, чем больше добротность компенсирующего контура V_{K20} и меньше добротности измерительного. Достоинство второго варианта заключается в возможности расположения ВИП с одной стороны ОК. Однако расположение ВИП в различных контролируемых областях, хотя и близких, может привести к тому, что расстояния h_K и h_U различны в момент времени при контроле движущегося ОК относительно измерительного преобразователя.

выполнить так, чтобы контролируемые совпадали. Для этого катушку L_K конструктивно расположить внутри катушки L_U , как это показано на рис. 5.

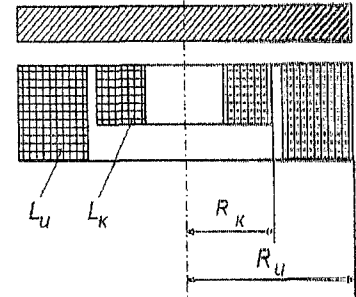


Рис. 5 Размещение компенсирующей катушки внутри измерительной

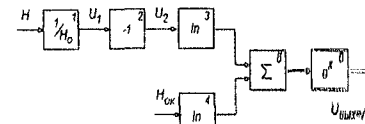


Рис. 6 Функциональная схема логарифмической

Недостатком такой конструкции преобразователей является то, что катушки L_U невозможно выполнить одинаковыми $R_K = R_U$ следовательно, $\alpha_U \neq \alpha_K$. Из (16), полной компенсации не будет.

Для того, чтобы осуществить полную компенсацию влияния изменения рабочего зазора возможно операцию умножения выполнить с помощью логарифмирования согласно функциональной схеме, изображенной на рис.

$$U_3 = \ln \gamma + \ln \frac{V_{U20}}{6} - \frac{3}{2}\alpha_U;$$

$$U_H = \eta \frac{3}{2}\alpha_K - \eta \ln V_{K20};$$

$$U_H = \eta \frac{3}{2}\alpha_K - \eta \ln V_{K20}.$$

Регулируя коэффициент передачи логарифмического усилителя 4 можно получить требуемую зависимость.

выходного напряжения от контролируемого параметра, нужно операцией потенцирования получить $U_{\text{вых}} = A_3 d$.

Вывод

Практическое исследование характеристик преобразования на частотах порядка от 14 до 27 МГц при использовании накладного резонансного ВИП в качестве компенсирующего (рис. 5), дал положительный результат. Рабочая частота измерительного ВИП была выбрана 57 кГц, диаметры измерительной катушки $2R_0 = 80$ мм, а компенсирующей $2R_K = 30$ мм. Алюминиевые образцы имели толщины в пределах $d = 0,02-0,5$ мкм.

Полученные характеристики измерительного и компенсационного ВИП показали, что рабочая характеристика совпала по своему виду с теоретической характеристикой, для условий $\xi \ll 1$ и $\xi\beta \leq 0,2$.

Литература:

[1]. ГОСТ 23048-83 Преобразователи вихретоковые. Общие технические требования. М - Издательство стандартов, 1983

[2] Неразрушающий контроль. Справочник в 7 т.: Т.2 / под общ. ред. В.В.Клюева. М.; Машиностроение, 2003. - 688с.:ил.

[3]. Ошеров Р.Г., Хорошайло Ю.Е. Характеристики трансформаторных вихретоковых измерительных преобразователей // Радиотехника. - Харьков: ХГУ, 1982. - Вып.60. - с. 132-141.

[4]. Соболев В.С., Шкарлет Ю.М. Накладные и экранные датчики. - Новосибирск : Наука, 1967. - 144 с

[5]. Ошеров Р.Г., Хорошайло Ю.Е. Характеристики резонансных трансформаторных вихретоковых измерительных преобразо-

вателей // Радиотехника. - Харьков; ХГУ, 1982. - Вып.61. - с. 59-70.

[6]. Светличный В.А. Неразрушающий контроль пленок и покрытий // Системи озброєння і військова техніка – Харків ХУАТ ім.І.Кожедуба - 2010 - №3(23) с.160-162.

[7]. Горкунов Б.М, Тюпа И.В., Тищенко А.А. Моделирование вихретокового преобразователя для контроля поверхностных слоев металлических изделий // Вісник "ХІТ" Збірник наукових праць. Тематичний випуск Інформатика і моделювання. – Харків: Інформатика і моделювання. – Харків: "ХІТ", 2008. – № 48. – 150 с.

[8]. Герасимов В.Г., Останин Ю.Я. и др. Неразрушающий контроль качества изделий электромагнитными методами. - М.: Энергоатомиздат, 1978. - 216 с

[9]. Каневский И.Н. Неразрушающие методы контроля: Учебное пособие / Каневский И.Н., Сальникова Е.Н. –Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2007. – 243 с.

Сведения об авторах:

1. Хорошайло Юрий Евгеньевич, Харьковский национальный университет радиоэлектроники (ХНУРЭ), кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры проектирования и эксплуатации электронной аппаратуры, специализируется в области вихретоковой дефектоскопии и толщинометрии, также коллометрии.

2. Светличный Виталий Анатольевич, ХНУРЭ, соискатель кафедры проектирования и эксплуатации электронной аппаратуры, специализируется в области резонансной вихретоковой дефектоскопии.

3. Александров Юрий Николаевич, ХНУРЭ, кандидат технических наук, профессор кафедры биомедицинских электронных устройств и систем, специализируется в области разработки электронных схем.

ANALYSIS OF FACTORS RESTRICTING METROLOGICAL RESONANCE PARAMETERS EDDY CURRENT FLAW

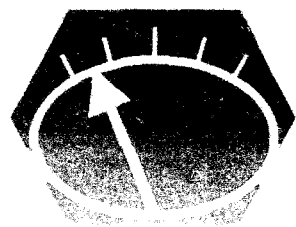
Khoroshailov JE, Svetlichnyi VA Alexandrov YN.

Kharkiv National University of Radio Electronics,
Lenina 14, Kharkov, the Cove, Ukraine 61166, vit.svet@mail.ru

Abstract: The major factors hindering the measurement of thickness of coatings include, the impact on the measurements of properties of coating material and base properties and surface configuration, the voltage in the measuring coils, the effect of changing gap between the transducer and the object of control. For universal eddy current probes superimposed type, the method and means of realizing the compensation of influences in the working gap pre-formers.

Keywords: eddy current transducer, impedance, resonance characteristics, the thickness of numbers, good conductive ferromagnetic thin films.

XXI НАЦИОНАЛЕН НАУЧЕН СИМПОЗИУМ
с международно участие



**МЕТРОЛОГИЯ
И МЕТРОЛОГИЧНО
ОСИГУРЯВАНЕ 2011**

10-14 Септември 2011 г., Созопол

ДОКЛАДИ
PROCEEDINGS

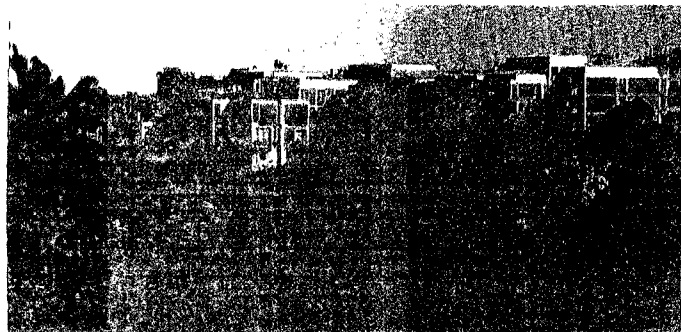
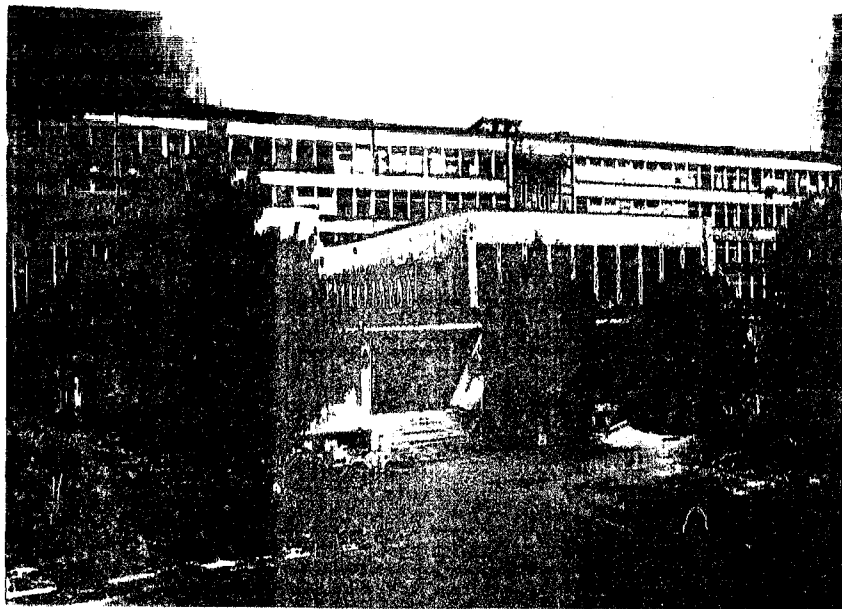
21th NATIONAL SCIENTIFIC SYMPOSIUM
with international participation

**METROLOGY
AND METROLOGY ASSURANCE 2011**

September 10-14, 2011, Sozopol, Bulgaria

**NATIONAL
METROLOGY**

Bulgaria
Sofia 1000
Tel: (+359 2) 965 2896
Fax: (+359 2) 965 2896
E-mail: metrology@tu-sofia.bg
E-mail: hradev@tu-sofia.bg



**MECHANICAL
ENGINEERING FACULTY
DEPARTMENT OF PRECISION
ENGINEERING AND
MEASURING INSTRUMENTS**

Bulgaria
Sofia 1000
Tel.: (+359 2) 965 2896
Fax: (+359 2) 965 2896
E-mail: metrology@tu-sofia.bg
E-mail: hradev@tu-sofia.bg

Технически
университет София

Български институт
по метрология

Съюз на
метролозите в
България

АЕЦ "Козлодуй"

**XXI НАЦИОНАЛЕН НАУЧЕН СИМПОЗИУМ
с международно участие**

**МЕТРОЛОГИЯ
И МЕТРОЛОГИЧНО ОСИГУРЯВАНЕ 2011**

10-14 Септември 2011 г.
Созопол, България

СБОРНИК ДОКЛАДИ

PROCEEDINGS OF THE SYMPOSIUM

**21th NATIONAL SCIENTIFIC SYMPOSIUM
with international participation**

**METROLOGY
AND METROLOGY ASSURANCE 2011**

September 10-14, 2011
Sozopol, Bulgaria

МЕЖДУНАРОДЕН ПРОГРАМЕН КОМИТЕТ

Председател:

доц. д-р Божан Троянов

България

Членове:

проф. д.т.н. Евгений Володарски

Украйна

проф. д.т.н. Георгий Раннев

Русия

проф. д.т.н. Бари Джонс

Великобритания

проф. д.т.н. Михаел Сфанцикопулос

Гърция

проф. д.т.н. Игор Захаров

Украйна

доц. д-р Иванка Калиманова

България

доц. д-р Иван Коджабашев

България

доц. д-р Бранко Сотиров

България

доц. д-р Виолета Станчева

България

доц. д-р Пламен Цветков

България

д-р маг. инж. Милко Джамбазов

България

INTERNATIONAL PROGRAM COMMITTEE

Chairman:

Assoc. Prof. B. Troianov, PhD

Bulgaria

Members:

Prof. E. Volodarski, DSc.

Ukraine

Prof. G. Rannev, DSc

Russia

Prof. B. Jones, DSc

UK

Prof. M. Sfantsikopoulos, DSc

Greece

Prof. I. Zaharov, DSc

Ukraine

Assoc. Prof. I. Kalimanova, PhD

Bulgaria

Assoc. Prof. I. Kodjabashev, PhD

Bulgaria

Assoc. Prof. B. Sotirov, PhD

Bulgaria

Assoc. Prof. V. Stancheva, PhD

Bulgaria

Assoc. Prof. P. Tzvetkov, PhD

Bulgaria

M. Djambazov, PhD

Bulgaria

Всички доклади включени в сборника са рецензирани от Международния програмен комитет.

All the papers included in the proceedings are reviewed by the International program Committee

ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ - СОФИЯ

Издава Издателство на ТУ - София

Предпечатна подготовка "Софттрейд"



МЕТРОЛОГИЯ И МЕТРОЛОГИЧНО ОСИГУРЯВАНЕ 2011
XXI НАЦИОНАЛЕН НАУЧЕН СИМПОЗИУМ С МЕЖДУНАРОДНО УЧАСТИЕ
Созопол, 10-14 Септември 2011 г.

СИМПОЗИУМЪТ СЕ ОРГАНИЗИРА ОТ



Технически университет - София

◆ катедра "Електроизмервателна техника"

◆ катедра "Прецизна техника и уредостроене"



Български институт по метрология



Съюз на метролозите в България



АЕЦ "Козлодуй"

С ПОДКРЕПАТА И УЧАСТИЕТО НА

СОФТТРЕЙД

НИК 47

НПЛ "КИМ"

НИС ТУ - СОФИЯ

<i>Раннев Г.Г., Желонкин А.И., Акимови И.М.</i> ИНТЕЛЛЕКТУАЛНИ НАНОМЕТРОНИ МОЛАСУИРНО-ЕЛЕКТРОНИ ИЗМЕРИТЕЛНИ СИСТЕМИ ДЪЛЪ ИЗМЕРИТИЯ КОЛЕБАНИИ, УСКОРЕНИИ И ВИБРАЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ, ПРИРОДНИХ И ДРУГИХ ВОЗМУЩЕНИИ	83
<i>Н.А. Кононова</i> ТРИДЦАТИМЕТРОВЪ ЛАЗЕРНИ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННИ КОМПАРАТОР ИЗ СОСТАВА ГОСУДАРСТВЕННОГО ПЕРВИЧНОГО ЭТАЛОНА ЕДИНИЦЫ ДЛИНЫ – МЕТРА	88
<i>Е. Блинова, Д. Грибанов, С. Зайцев.</i> ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ИСПЫТАНИИ БЫСТРОХОДНИХ ГУСЕНИЧНИХ МАШИИ ПУТЪМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАТУРНИХ ИСПЫТАНИИ»	93
<i>Даница Недялкова Денева</i> МЕТРОЛОГИЧНИ ПОКАЗАТЕЛИ НА ИЗМЕРВАТЕЛНО КОЛЕЛО НА БУКСИРОВЪЧНА КОЛИЧКА ЗА МОРЕХОДНИ ИЗПИТАНИЯ	98
<i>Николай Гуров, Божидар Джуджев</i> ТРИЗОРЕЗИСТОРИИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ В ИЗМЕРВАНИЯТА	105
<i>Христофор Колев</i> СТЪПКИ ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ ТОЧНОСТТА НА СТЪПКОВИ ДВИГАТЕЛИ	110
<i>Антон Лечков, Мария Георгиева</i> ФОТОМЕТРИЧЕН СТЕНД	114
<i>Антон Лечков, Мария Георгиева</i> ЕЛЕКТРОНИИ ВЛАГОМЕР	117
<i>Игорь Джамийков, Младен Милушев, Марин Маринов</i> ИНТЕГРИРАИ СЕНЗОР "ОСВЕТЕНОСТ-ЧЕСТОТА" ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА ОПТИЧЕН КОНТРАСТ, ЯРКОСТ И ОСВЕТЕНОСТ	122

Секция III: ИЗМЕРВАНЕ И КОНТРОЛ НА ФИЗИЧНИ ВЕЛИЧИНИ
Section III: MEASUREMENT AND CONTROL OF PHYSICAL QUANTITIES

1. <i>Dan Mihai Ștefănescu</i> METHODS USED IN TRANSDUCERS FOR THE ELECTRICAL MEASUREMENT OF FORCE AND RELATED QUANTITIES	129
2. <i>Грибанов Дмитрий Дмитриевич</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ МГНОВЕННИХ ЗНАЧЕНИИ ПРОСТРАНСТВЕННИХ КООРДИНАТ ТОЧЕК ПЛОСКОВЫПУКЛЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЛАЗЕРНО-ОПТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ	140
3. <i>Хр. Радев, Васил Богев, Велизар Василев</i> НЕОПРЕДЕЛЕННОСТ НА ОЦЕНКИТЕ НА ОТКЛОНЕНИЯТА НА ФОРМАТА НА ГЕОМЕТРИЧНИ ЕЛЕМЕНТИ	146
4. <i>Хорошайло Ю.Е., Светличный В.А., Александров Ю.Н.</i> АНАЛИЗ ФАКТОРОВ ОГРАНИЧИВАЮЩИХ МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РЕЗОНАНСНОЙ ВИХРЕТОКОВОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ	152
5. <i>Андрей И. Богданов, Красимир Г. Калев,</i> <i>Ванко В. Ганев, Николай В. Николов</i> АНАЛИЗ НА МЕТОДИТЕ ЗА ВЪТРЕШНО БАЛИСТИЧНИ ИЗМЕРВАНИЯ	158
6. <i>Андрей И. Богданов, Ванко В. Ганев,</i> <i>Красимир Г. Калев, Николай В. Николов</i> ПРИЛОЖЕНИЕ НА МАГНИТОАНИЗОТРОПЕН ДАТЧИК ЗА НАЛЯГАНЕ В БАЛИСТИЧНИТЕ ИЗПИТАНИЯ	162
7. <i>Велизар Василев</i>	

Секция IV: ИЗМЕРВАНЕ И КОНТРОЛ В ЕНЕРГЕТИКАТА
Section IV: MEASUREMENT AND CONTROL IN POWER ENGINEERING

IV.1. <i>Саров Андрей Николаевич</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗРЯДНОСТИ АЦП НА ПОГРЪШНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ	173
IV.2. <i>Церба А.А., Сертилин К.Л., Маков Д.К.</i> ИЗМЕРЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ИСКАЖЕНИЯ СИНУСОИДАЛЬНОСТИ К _{ис} ТРЕХФАЗНОГО НАПРЯЖЕНИЯ	179
IV.3. <i>Вадим Кулиш, Михаил Прокофьев, Василий Стеченко</i> ВОЗНИКНОВЕНИЕ НАВОДОК И ПОМЕХ В ЦЕПЯХ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ СРЕДСТВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И ПРОБЛЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ЗНАЧЕНИИ ИХ ПОКАЗАТЕЛЕИ	182
IV.4. <i>Коломиев Т.А., Казакова Е.А., Ярмолович М.А., Сосновская Т.Г.</i> МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ	188
IV.5. <i>Георги Милушев, Камелия Кирилова</i> ОПРЕДЕЛЯНЕ НА СРАВНИТЕЛНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА АЛКАЛНИ БАТЕРИИ С АВТОМАТИЗИРАНА СИСТЕМА ЗА ИЗПИТВАНЕ	195
IV.6. <i>Георги Милушев, Камелия Кирилова</i> ТЕСТОВА СИСТЕМА ЗА СРАВНИТЕЛНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ЕНЕРГОСПЕСТЯВАЩИ ЛАМПИ	202

Секция V: ИЗМЕРВАНЕ В СПОРТА, МЕДИЦИНАТА, ЕКОЛОГИЯТА И БИОТЕХНОЛОГИЯТА
Section V: MEASUREMENT IN SPORT, MEDICINE, ECOLOGY AND BIOTECHNOLOGY

V.1. <i>Вихрен Бачев, Дамян Дамянов, Василиос Диафас, Панайотис Сидиротулос,</i> <i>Александър Тацов, Весела Тренева, Орлин Грошев, Павел Йорданов</i> КОМПЮТЪРИЗИРАНА МЕТОДИКА ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА СПЕЦИФИЧНАТА МУСКУЛНА СИЛА ПРИ СЪСТЕЗАТЕЛИ ПО КАЯК	209
V.2. <i>Орлин Грошев доктор, Павел Йорданов</i> МЕТРОЛОГИЧНИ АСПЕКТИ И СПОРТНОПЕДАГОГИЧЕСКИ АНАЛИЗ НА ДАННИ ПРИ ИЗМЕРВАНЕ НА СТАТИЧНА МУСКУЛНА СИЛА	213
V.3. <i>Р. Цибрански, В. Терзиев, М. Иванова, В. Аврамов</i> ОЦЕНКА НА ДОЗОВОТО ОБЛЪЧВАНЕ НА НАСЕЛЕНИЕТО ОТ ГАЗОБРОЗОЛНИТЕ И ТЕЧНИ РАДИОАКТИВНИ ИЗХВЪРЛЯНИЯ ПРИ НОРМАЛНА ЕКСПЛОАТАЦИЯ НА АЕЦ "КОЗЛОДУЙ"	219
V.4. <i>Георги Димчев</i> СИСТЕМА ЗА ГАЗОВ КОНТРОЛ	227
V.5. <i>Yuri Megel, Ivanka Kalimanova, Ivan Danilko, Antonina Рыбалка</i> PHOTOMETRIC METHOD OF MEASUREMENT OF ERYTHROCYTE SEDIMENTATION RATE	233
V.6. <i>Valentin Mateev, Iliana Marinova, Plamen Tzvetkov, Georgi Petrov</i> ELECTROMAGNETIC FIELD MODELING FOR CONTACTLESS BLOOD FLOW MEASUREMENTS	239
V.7. <i>Valentin Mateev, Iliana Marinova, Plamen Tzvetkov, Georgi Petrov</i> BIOMETRIC TISSUE CLASSIFICATION AND SEGMENTATION FOR AUTOMATIC 2D MODEL BUILDING	243
V.8. <i>Антония Панделова</i> ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЛИЯНИЕТО НА БУФЕРНИ РАЗТВОРИ ВЪРХУ ИЗХОДНИИ СИГНАЛ НА БИОСЕНЗОР ЗА КАТЕХОЛ	247