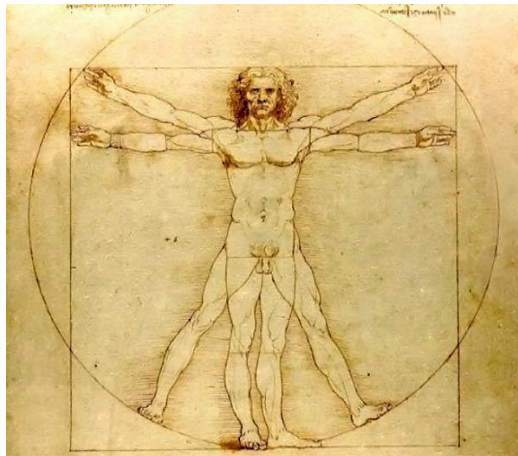


**Академія метрології України  
Національний університет «Львівська політехніка»  
ДП «Науково-дослідний інститут метрології вимірювальних і  
управляючих систем» («Система»)**

**Спонсори:  
ПРАТ «Енергооблік», м. Харків  
Підприємець І. Г. Самойдук, м. Енергодар**

**Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих вчених  
у царині метрології**

**«Technical Using of Measurement – 2016»**



**1-5 лютого 2016 року  
м. Славське**

# **«TECHNICAL USING OF MEASUREMENT – 2016»**

---

---

## **ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених у царині метрології**

**м. Славське, Україна  
1-5 лютого, 2016**

# **«TECHNICAL USING OF MEASUREMENT – 2016»**

---

---

## **ABSTRACTS**

### **of Ukrainian Scientific and Technical Conference of Young Scientists in the Area of Metrology**

**Slavs'ke, Ukraine**  
**February 1-5, 2016**

**УДК 621**

**Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих вчених у царині метрології «Technical Using of Measurement-2016», 1-5 лютого 2016 року: тези доповідей / Відп. за вип. Володарський Є.Т. – Київ: Академія метрології України, 2016. – 137 с.**

У виданні зібрано тези доповідей конференції, присвяченої науково-технічним проблемам метрології

**Відповідальний за випуск Є.Т. Володарський**

**Укладачі:** Походило Є.В., Кочан Р.В., Гоц Н.Є., Яцук В.О., Бубела Т.З.,  
Куць В.Р., Ільницька Т.М., Дзіковська Ю.М., Антонюк О.О.

**Організатори:**

**Академія метрології України**

**Національний університет «Львівська політехніка»**

**ДП «Науково-дослідний інститут метрології вимірювальних і  
управляючих систем» («Система»)**

**Спонсори:**

**ПРАТ «Енергооблік», м. Харків**

**Підприємець І. Г. Самойдюк, м. Енергодар**

Матеріали подано в авторській редакції та затверджено на засіданні Науково-технічної ради ДП «Науково-дослідний інститут метрології вимірювальних і управляючих систем» («Система») від 18.01.2016 р.

Протокол засідання секції «Метрологія і стандартизація» Науково-технічної ради ДП НДІ «Система» №1/2016 від 18.01.2016 р. Рішення секції «Метрологія і стандартизація» Науково-технічної ради ДП НДІ «Система» №1-2/2016 від 18.01.2016 р.

## **НАУКОВИЙ КОМІТЕТ**

**Голова:** Володарський Є.Т., д.т.н., проф., президент Академії метрології України

### **Заступник голови:**

Микийчук М.М. д.т.н., проф., директор ІКТА (НУ «Львівська політехніка»)

### **Члени наукового комітету:**

Стадник Б.І., д.т.н., проф. (НУ «Львівська політехніка»)

Столярчук П.Г., д.т.н., проф. (НУ «Львівська політехніка»)

Большаков В.Б., д.т.н., г.н.с. віце-президент Академії метрології України (м. Харків)

Байцар Р.І., д.т.н., проф. (НУ «Львівська політехніка»)

Дорожовець М.М. д.т.н., проф. (НУ «Львівська політехніка»)

Кондрашов С.І. д.т.н., проф. (НТУ «Харківський політехнічний інститут»)

Косач Н.І., д.т.н., проф. (Харківський аерокосмічний університет)

Кошева Л.О., д.т.н., проф. (Національний авіаційний університет, м. Київ)

Кучерук В.Ю., д.т.н., проф. (Вінницький національний технічний університет)

Куц Ю.В., д.т.н., проф. (Національний авіаційний університет, м. Київ)

Луцик Я.Т., д.т.н., проф. (НУ «Львівська політехніка»)

Микитин І. П. д.т.н., проф. (НУ «Львівська політехніка»)

Мисов О. П., к.т.н., доц. (Державний хіміко-технологічний університет, м. Дніпропетровськ)

Паракуда В.В., к.т.н., доц. (ДП НДІ «Система», м. Львів)

Петришин І.С., д.т.н., проф. (Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу)

Походило Є.В., д.т.н., проф. (НУ «Львівська політехніка»)

Середюк О.Є., д.т.н., проф. (Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу)

Сурду М.М., д.т.н., проф. (Укрметртестстандарт, м. Київ)

Трищ Р.М., д.т.н., проф. (Українська інженерно-педагогічна академія, м. Харків)

Туз Ю.М., д.т.н., проф. (НТУ України «Київський політехнічний інститут»)

Яцишин С.П., д.т.н., проф. (НУ «Львівська політехніка»)

Яцук В.О., д.т.н., проф. (НУ «Львівська політехніка»)

## **ОРГКОМІТЕТ**

Гоц Н.Є., (відповідальний секретар), д.т.н., доц., проф. каф. МСС (НУ «Львівська політехніка»)

Бубела Т.З., д.т.н., доц. (НУ «Львівська політехніка»)

Бойко Т.Г., д.т.н., проф. (НУ «Львівська політехніка»)

Куць В.Р., к.т.н., доц. (НУ «Львівська політехніка»)

Міхалева М.С., к.т.н., доц. (НУ «Львівська політехніка»)

Прохоренко С.В., д.т.н., проф. (НУ «Львівська політехніка»)

Кочан Р.В. д.т.н., доц. (НУ «Львівська політехніка»)

## ЗМІСТ

|  |           |
|--|-----------|
| <b>О.Є. Середюк, д.т.н., проф., В.В. Малісевич, к.т.н., Н.М. Малісевич, аспірант ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ОБ'ЄМНИХ СПІВВІДНОШЕНЬ КОМПОНЕНТІВ ПРИРОДНОГО ГАЗУ.....</b>                            | <b>10</b> |
| <b>С.М. Глоба, к.т.н., доц., І. В. Григоренко, к.т.н., доц., А. Ю. Слободчук, аспірант, В. В. Глоба, учениця РОЗРОБКА МОДУЛЯ ОДНОКАНАЛЬНОГО ВИХОРОСТРУМОВОГО ДЕФЕКТОСКОПУ З ІНТЕРФЕЙСОМ USB.....</b> | <b>13</b> |
| <b>Н.О. Хемич, аспірант, М. Г. Попряга, С.В. Прохоренко, д.т.н., проф. СИСТЕМА ФОРМУВАННЯ ТА АНАЛІЗУ МОДУЛЯЦІЙНОЇ СКЛАДОВОЇ СИГНАЛУ, ВІДБИТОГО ВІД ПОВЕРХНЕВОГО ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ШАРУ.....</b>       | <b>15</b> |
| <b>Н.І. Косач проф., д.т.н, с.н.с., Н. В. Чернобай ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ОПИТУВАННІ ВИПУСКНИКІВ ВНЗ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ.....</b>                       | <b>16</b> |
| <b>О.М. Загурська, аспірант, М.М. Дорожовець, д.т.н., проф. ОСОБЛИВОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ЧАСОВИХ ІНТЕРВАЛІВ АКУСТИЧНОГО СИГНАЛУ.....</b>  | <b>19</b> |
| <b>Б.І. Стадник, д.т.н., проф., О.В.Сегеда, ст. викладач, В.В.Герасименко, аспірант ВИБІР ОПТИЧНОЇ СХЕМИ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ПОЛУМ'Я МЕТОДОМ КОМБІНАЦІЙНОГО РОЗСПОВАННЯ СВІТЛА.....</b>      | <b>22</b> |
| <b>П.І. Кулаков, к.т.н., В.В. Присяжнюк, ст. викл., Т.В. Гнесь, аспірант ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ДЛЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ СТІЙЛОВОЇ ДОЇЛЬНОЇ УСТАНОВКИ.....</b>  | <b>24</b> |
| <b>Н.І. Косач, д.т.н., с.н.с., Г.Г. Бондаренко ПОЛІПШЕННЯ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ «ЯКІСТЬ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ ТА СЕРТИФІКАЦІЯ» З МЕТОЮ ІНТЕГРУВАННЯ У ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ПРОСТІР.....</b>         | <b>26</b> |
| <b>М.М. Дорожовець, д.т.н., проф., М.М. Бурдега, аспірант ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ (АДИТИВНОЇ І МУЛЬТИПЛІКАТИВНОЇ) ПОХИБОК НА ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РОЗПОДІЛУ ТОМОГРАФІЧНИМ МЕТОДОМ.....</b>          | <b>28</b> |
| <b>О.М. Васілевський д.т.н., Є.О. Данилюк, студент ДОСЛІДЖЕННЯ СТАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИМІРЮВАЛЬНОГО КАНАЛУ ТЕМПЕРАТУРИ НА БАЗІ ПЕРЕТВОРЮВАЧА НАПРУГИ В ЧАСТОТУ.....</b>                            | <b>31</b> |
| <b>О.М. Vasilevskyy, DSc, Т.Н. Rudnytska, teacher, Y.O. Danylyuk, student RESEARCHING OF IONS ACTIVITY MEASUREMENT UNCERTAINTY USING MEANS OF MEASUREMENT BASED ON ANALOG-DIGITAL CONVERTER.....</b> | <b>34</b> |
| <b>В.Ю. Кучерук, д.т.н., проф; М.В. Глушко, студент РЕЗИСТИВНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН НА ОСНОВІ ГЕНЕРАТОРА ДЕТЕРМІНОВАНО-ХАОТИЧНОГО СИГНАЛУ.....</b>   | <b>37</b> |
| <b>Н.М. Бейтуллаєва, студентка, Н.Є. Гоц, д.т.н., доц. ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСАД ФОРМУВАННЯ ЛАБОРАТОРІЇ ТЕПЛОВОГО ТЕПЛОВІЗІЙНОГО КОНТРОЛЮ.....</b>   | <b>40</b> |

- М.С. Міхалєва, к.т.н, доцент, Г.Р. Чурко, студентка ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛЬНИХ ВЗІРЦІВ ОЛІЇ ЛЬОНУ ДЛЯ РОЗРОБЛЕННЯ ОПЕРАТИВНОГО МЕТОДУ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ.....41**
- Ж.В. Сокотун, аспірант, О. Б. Кошелева, здобувач, С. С. Федін, д.т.н. ПРОБЛЕМИ ОЦІНЮВАННЯ ЗБІЖНОСТІ ТА ВІДТВОРЮВАНOSTІ ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ БЕЗ МОЖЛИВОСТІ ПОВТОРУ ВИМІРЮВАННЯ.....44**
- Б.Г. Шабашкевич, к.т.н., Ю.Г. Добровольський, к.т.н., В.Г. Юр'єв МЕТРОЛОГІЧНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ І ГРАДУЮВАННЯ ОПТОЕЛЕКТРОННИХ ПРИЛАДІВ, ЧУТЛИВИХ В УЛЬТРАФІОЛЕТОВОМУ ДІАПАЗОНІ.....45**
- Ю.М. Дзіковська, аспірант, В.Я. Крайовський, к.т.н., М.М.Микійчук, д.т.н, Н.Є. Гоц, д.т.н. РОЗРОБЛЕННЯ НОРМАТИВНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕПЛОВІЗІЙНИХ ВИМІРЮВАНЬ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ЇЇ РОЗПОДІЛУ ПОВЕРХНІ ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ.....47**
- С.Р. Сунегчієва, аспірант МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ БРАКУВАЛЬНОГО ПОРОГУ ПРИ НЕГАУСІВСЬКИХ ЗАКОНАХ РОЗПОДІЛУ ІНФОРМАТИВНИХ ОЗНАК.....49**
- І. Волошук, студент, В.В. Паракуда, к.т.н., доц., Н.Є. Гоц, д.т.н., доц. ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ ЗАКОНІВ ВИПРОМІНЕННЯ В ТЕРМОМЕТРІЇ ЗА ВИПРОМІНЕННЯМ ДЛЯ РІЗНИХ СПЕКТРАЛЬНИХ ТА ТЕМПЕРАТУРНИХ ДІАПАЗОНІВ.....51**
- Р.І. Байцар, д.т.н., проф., Ю. М. Кордіяка, аспірант РОЗВИТОК МЕТОДІВ ВИПРОБУВАНЬ КОСМЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ.....53**
- І.П. Микитин, д.т.н., проф., О. М. Олесків, м.н.с. СТРУКТУРИ КІБЕР-ФІЗИЧНИХ СИСТЕМ ТА АЛГОРИТМИ МЕТРОЛОГІЧНОЇ ПЕРЕВІРКИ ЇХ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....56**
- А.К. Андрюшко, к.э.н., Ю.М.Карелин, к.т.н., с.н.с., В.П.Маматов, к.э.н., доц. НЕОБХОДИМЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ЭКСПОРТНОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕГИОНА.....60**
- Н.О. Лисуненко, аспірант, В.М. Мокійчук, к.т.н., доц. ВИМІРЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК КЕРАМІЧНИХ ПАЛИВНИХ КОМІРОК, ЯК СКЛАДОВИХ ЕНЕРГОГЕНЕРУЮЧИХ БАТАРЕЙ.....64**
- А.О. Вороненко, аспірант СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЛЮДИНИ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ.....66**
- С.В. Прохоренко, д.т.н., Ю.В. Лецишин, аспірант, Д.Кнапек, студент СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОГО ОЦІНЮВАННЯ ЗМІН ТЕПЛОВОГО ПОТОКУ.....68**
- М.В. Денисенко, к.т.н, А.М. Денисенко, аспірант РЕФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ В УКРАЇНІ.....69**
- Х.В. Серкез, аспірант, Ю.В. Яцук, к.т.н., доц., А.Г. Павельчак, к.т.н., доц. ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОЗАМІННОСТІ ХАРАКТЕРИСТИК НАПІВПРОВІДНИКОВИХ СЕНОРІВ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ РІЗНИЦІ ТЕМПЕРАТУР ПІД ЧАС ВИПРОБУВАНЬ СОНЯЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ.....70**
- О.О. Антонюк, аспірант, Є.В. Походило, д.т.н., проф. РОЗВИТОК МЕТОДУ БІОІМПЕДАНСОМЕТРІЇ ТА ЗАСОБІВ ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЇ.....72**

|   |            |
|---|------------|
| <b>С.М. Курсін, к.т.н., М.М. Сурду, д.т.н., проф., О.М. Величко, д.т.н., проф., С.М. Шевкун, к.т.н., М.В. Добролюбова, к.т.н., доц. АНАЛІЗ СТРУКТУР АВТОТРАНСФОРМАТОРНИХ МОСТІВ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ІМПЕДАНСУ.....</b> | <b>74</b>  |
| <b>Р.О. Матвійв, аспірант, В.О. Яцук, д.т.н., проф. МОЖЛИВОСТІ ДИСТАНЦІЙНОГО КАЛІБРУВАННЯ КІБЕР-ФІЗИЧНИХ СИСТЕМ З ГАЛЬВАНІЧНИМ РОЗДІЛЕННЯМ ВИМІРЮВАЛЬНИХ КАНАЛІВ.....</b>   | <b>77</b>  |
| <b>О.В. Вікович, аспірант, Є.В.Походило, д.т.н., проф. СПОСІБ ІДЕНТИФІКАЦІЇ СВІЖОГО ТА РОЗМОРОЖЕНОГО КУРЯЧОГО М'ЯСА.....</b>  | <b>79</b>  |
| <b>Д.С. Ліщенко, магістрант, Шнира А.В., магістрант, Добролюбова М.В., к.т.н., доц. МОНІТОРИНГ ХАРАКТЕРИСТИК ПИТНОЇ ВОДИ.....</b>   | <b>81</b>  |
| <b>О.Є. Середюк, д.т.н., проф., А.Г. Винничук, к.т.н., Т.В. Лютенко, аспірант ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВИДУ РОБОЧОГО СЕРЕДОВИЩА НА ВИТРАТНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗВУЖУВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ.....</b>                   | <b>84</b>  |
| <b>Ю.В. Вітрук, к.т.н., Я.І. Рубан, студент-магістр ЗАСТОСУВАННЯ ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ДІАГНОСТИЧНИХ ОЗНАК ПРИ НЕРУЙНІВНОМУ КОНТРОЛІ МЕТОДОМ ВІЛЬНИХ КОЛИВАНЬ.....</b>  | <b>87</b>  |
| <b>Н. И. Косач, д.т.н., с.н.с., В. П. Сироклыи, к.т.н., Хади Амине, аспірант КАЧЕСТВО В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ КОМПАНИИ Iran Khodro.....</b>   | <b>90</b>  |
| <b>В.В. Моргунов, к.т.н., Р.М. Тріщ, д.т.н., проф. ВИКОРИСТАННЯ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РАДІАЦІЙНОЇ ОБРОБКИ ОБ'ЄКТІВ ТА СТВОРЕННЯ ВІДПОВІДНИХ СТАНДАРТІВ.....</b>                                    | <b>92</b>  |
| <b>Г.М. Білозір, студент, В.О. Яцук, д.т.н., проф. МЕТРОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БАГАТОКАНАЛЬНИХ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАНЬ З ДИФЕРЕНЦІЙНИМ ВХОДОМ.....</b>  | <b>94</b>  |
| <b>В.В. Осколіп, студент, М.С. Міхалева, к.т.н. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ УЛЬТРАЗВУКУ НА АКУСТИЧНІ ТА ЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ РІДИН.....</b>  | <b>96</b>  |
| <b>О.А. Заболотня, студентка-магістр, В.М. Мокійчук, к.т.н., доцент НОВИЙ РІВЕНЬ ЯКОСТІ МЕДИЧНИХ ЛАБОРАТОРНИХ ПОСЛУГ ВІДПОВІДНО ДО СТАНДАРТУ ДСТУ EN ISO 15189:2015.....</b>  | <b>98</b>  |
| <b>Я.І. Рубан, студент-магістр, В.М. Мокійчук, к.т.н., доц. ДОСВІД ВПРОВАДЖЕННЯ СТАНДАРТУ ДСТУ ISO/IEC 17025:2006.....</b>  | <b>102</b> |
| <b>М.Ю. Лізогубова, студентка-маістр, В.М. Мокійчук, к.т.н., доц. МЕТРОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ В ДІЯЛЬНІСТЬ МЕДИЧНИХ ЛАБОРАТОРІЙ СТАНДАРТУ ДСТУ EN ISO 15189:2015.....</b>   | <b>105</b> |
| <b>М.С. Міхалева, к.т.н., доц., І.М. Коваль, студентка ЕЛЕКТРИЧНИЙ МЕТОД КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ТВЕРДИХ СИРІВ.....</b>   | <b>108</b> |
| <b>О. Пукальський, аспірант МОБІЛЬНА ІНФОРМАЦІО-ВИМІРЮВАЛЬНА ПЛАТФОРМА: ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ.....</b>   | <b>110</b> |
| <b>Ю. Біронт, аспірант МОБІЛЬНА ІНФОРМАЦІО-ВИМІРЮВАЛЬНА ПЛАТФОРМА: АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ.....</b>   | <b>111</b> |



- В.Р.Куць, к.т.н., доц., А.В. Мельничук, студентка ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМ ПРИ ПОБУДОВІ ІЄРАРХІЧНИХ ДЕРЕВ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ.....112**
- Є.О. Павлов, магістрант НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ РЕЗУЛЬТАТУ СЕРТИФІКАЦІЙНИХ ВИПРОБУВАНЬ ІНКУБАТОРІВ ДЛЯ НОВОНАРОДЖЕНИХ.....113**
- Ю. Кривенчук, І. Микитин, У. Кривенчук ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ЧАСТОТИ РАМАНІВСЬКОГО ЗСУВУ ВІД ТЕМПЕРАТУРИ ДЛЯ  $Al_2O_3$ .....115**
- О.В. Івахів, д.т.н., проф., М.В. Наконечний, д.т.н., доц., Т.М. Репетило, к.т.н. КОРЕКТОР НЕЛІНІЙНОСТІ ДВИГУНА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ .....117**
- М.М. Дорожовець, д.т.н., проф., І.В. Бубела, аспірант ОПРАЦЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ СПОСТЕРЕЖЕНЬ З ПЛОСКО-НОРМАЛЬНИМ РОЗПОДІЛОМ МЕТОДОМ ПОЗИЦІЙНИХ СТАТИСТИК.....119**
- Т.Г. Бойко, д.т.н., проф., Х.І. Дух, студент ПІДХОДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ РИЗИКІВ, ЩО СУПРОВОДЖУЮТЬ ХАРЧОВИЙ ЛАНЦЮГ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ДОБАВОК.....122**
- В. Рябкова, аспірант АСПЕКТИ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ ДО ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ.....125**
- А.А. Стеценко, к.т.н, С.Д. Недзельский, к.т.н., В.А. Науменко РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕНИЯ ГКИ-2015 СЧЕТЧИКОВ ГАЗА УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ГУВР-011 В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ МЕЖДУНАРОДНЫХ РЕКОМЕНДАЦИЙ OIML R 137-1&2-2014.....126**
- М.М. Дорожовець д.т.н., проф., О.М. Никипанчук, аспірант ДОСЛІДЖЕННЯ КОРЕЛЯЦІЇ МІЖ СЕРЕДНІМ ЗНАЧЕННЯМ, МЕДІАНОЮ ТА СЕРЕДИНОЮ РОЗМАХУ ВИПАДКОВИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ З РІЗНИМИ РОЗПОДІЛАМИ.....130**
- Т.З. Бубела, д.т.н., проф., Т. Федішин, студентка МЕТОД ОПЕРАТИВНОГО ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ЯК СКЛАДОВА КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ.....134**
- С.П. Яцишин, д.т.н., професор, аспірант І.Т. Полянський, МЕТРОЛОГІЧНА ПЕРЕВІРКА ТА МОНІТОРИНГ 3D – ПРИНТЕРА.....138**

В.Ю. Кучерук, д.т.н., проф; М.В. Глушко, студент

## РЕЗИСТИВНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН НА ОСНОВІ ГЕНЕРАТОРА ДЕТЕРМІНОВАНО-ХАОТИЧНОГО СИГНАЛУ

**Ключові слова:** детермінований хаос, хаотичність, генератор, сигнал, коливання, атрактор

Ускладнення технологічних процесів призводить до необхідності визначення великої кількості фізичних величин. Автоматизація складних виробничих процесів пов'язана із застосуванням різних вимірювальних перетворювачів (ВП), що забезпечують отримання оперативної вимірювальної інформації в належному обсязі і ефективно управління технологічним процесом. Найбільш розповсюдженими є параметричні резистивні ВП.

Значним науковим відкриттям останніх десятиліть є відкриття детермінованого хаосу в динамічних системах [1]. Суть цього відкриття полягає в тому, що повністю певна (детермінована) динамічна система, при відсутності будь-яких випадкових впливів на неї, починає поводитися непередбачуваним (хаотичним) чином. Однак у цій непередбачуваності (хаотичності) при більш ретельнім розгляді вдається виявити ряд закономірностей в поведінці системи, відрізняє дане явище від класичних випадкових процесів. Незважаючи на хаотичний характер, коли на практиці передбачити стан системи в заданий момент часу можна тільки статистично, процес в таких системах істотно відрізняється від звичайного статистичного шуму. До фундаментальних властивостей таких систем відноситься досить високу чутливість хаотичного процесу до зміни внутрішніх параметрів генератора детермінованого хаосу (ГДХ).

Розглянемо метод вимірювання фізичних величин з використанням ГДХ. У його основі лежить вимірювальне коло нелінійної електричної схеми в режимі детерміновано-хаотичних коливань. ВП підключається до схеми ГДХ таким чином, щоб його початкове значення змінювало значення одного з параметрів ГДХ. Вимірювальною інформацією в даному методі є реалізація хаотичного процесу, що знімається з ГДХ, яка надходить на обробку в обчислювальний блок.

Засіб вимірювання, створений на базі ГДХ, матиме функцію перетворення у вигляді залежності характеристики атрактора ГДХ від вимірюваної фізичної величини. Основною перевагою даного метода є можливість побудови на його основі засобів вимірювання, більш чутливих в порівнянні з існуючими. Узагальнена структурна схема вимірювального пристрою складається з двох частин: ГДХ, до якого підключений ВП, і обчислювального пристрою, в якому реалізовані алгоритми визначення параметра ГДХ.

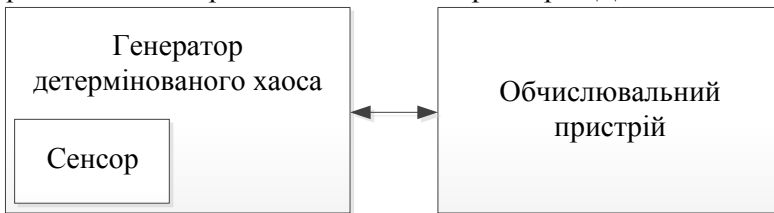


Рисунок 1 - Узагальнена структурна схема вимірювального пристрою на основі ГДХ

Сенсор вимірюваної фізичної величини підключається до вимірювальної схеми ГДХ таким чином, щоб його вихідна величина змінювала один з параметрів ГДХ.

При виборі практичної реалізації ГДХ потрібно врахувати ряд обставин: простота

реалізації, наявність діапазону зміни параметрів, які забезпечують хаотичний режим, наявність математичної моделі, яка дозволяє досить просто моделювати хаотичний процес.

Як подальший об'єкт дослідження обрано ГДХ на основі високочастотного RL-діодного кола, наведений на рис. 2. Це неавтономний генератор, так як схема, яка складається з лінійного RL-кола, з'єднана послідовно з діодом  $D$  і джерелом змінної напруги. У цій простій системі виникнення нелінійних хаотичних коливань визначається параметрами ланцюга.

Здійснимо аналіз причин і умов виникнення хаотичних коливань в RL-діодному колі. Для цього спочатку розглянемо схему заміщення діода. Схема заміщення діода в режимі малого сигналу (у найбільш загальному випадку) представлена на рис. 3. Згідно з цією схемою діод являє собою паралельне з'єднання нелінійного резистора  $R_d$  і двох нелінійних ємностей - бар'єрної  $C_j$  і дифузійної  $C_d$ .

Бар'єрна ємність визначається за формулою

$$C_j = C_{j0} / \left(1 - \frac{U}{U_D}\right)^n, \quad (1)$$

де  $C_{j0}$  – бар'ерна ємність при нульовій напрузі діода;  $U$  – напруга діода;  $U_D$  – дифузійна напруга діода;  $n$  – технологічний коефіцієнт, що лежить в діапазоні (1/3...2/3).

Дифузійна ємність визначається як

$$C_d = \frac{\tau_B I_S}{m U_T} \exp\left(\frac{U}{m U_T}\right), \quad (2)$$

де  $I_S$  – тепловий струм діода;  $\tau_B$  – час життя неосновних носіїв заряду;  $U$  – напруга діода;  $U_T$  – теплова напруга діода;  $m$  – коефіцієнт емісії.

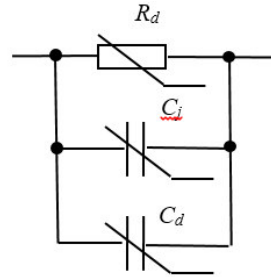
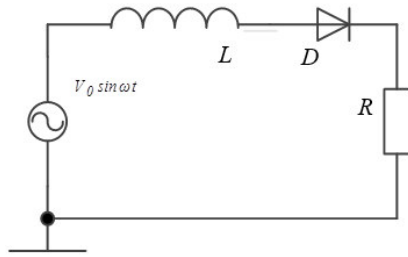


Рис. 2. Схема генератора детерміновано-хаотичних коливань на основі  $RL$ -діодного кола малого сигналу

Рис. 3. Схема заміщення діода в режимі

Після розрахунку операторного зображення струму ланцюга та ітераційного алгоритму була побудована залежність  $U_2 = f(U_1)$ , де  $U_2 = IR$ .

Графік цієї залежності зображений на рис. 4. З цього графіка видно, що при вищевказаних параметрах схеми її режим являє собою хаотичні коливання. Були також проведені розрахунки режиму ланцюга, при інших значеннях індуктивності і частоти, з метою оцінити вплив цих параметрів на характер хаотичних коливань. Графіки залежностей  $U_2 = f(U_1)$  показані, відповідно, на рис. 5-6.

Аналіз атракторів, представлених на рис. 4-6 показує, що в  $RL$ -діодних ланцюгах синусоїдального струму, якщо період коливань порівнюємо з постійною часу перехідного процесу, може виникнути ситуація, коли в кінці періоду струм в колі не загасає до нуля і новий період починається з ненульових початкових умов. При цьому, внаслідок суттєвої нелінійності параметрів схеми заміщення діода, в ланцюзі має місце практично незатухаючий перехідний процес, який набуває форми хаотичних коливань. При збільшенні індуктивності ланцюга розмах атрактора збільшується. У разі збільшення частоти вхідної напруги спостерігається тенденція деякого зміщення атракторів напрямку негативних напруг [4].

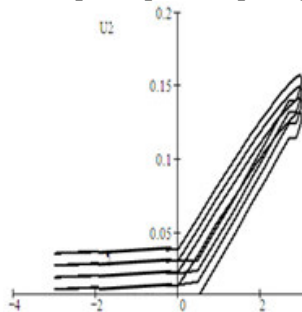


Рис. 4. Графік залежності  $U_2 = f(U_1)$ , при  $f = 10$  [кГц],  $L = 50$  [мГн],  $R = 2$  [кОм]

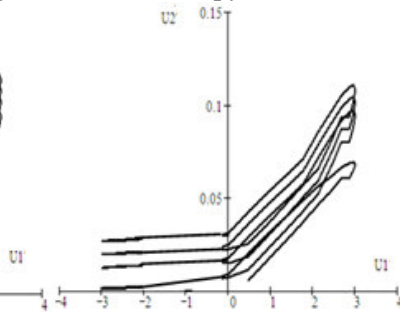


Рис. 5. Графік залежності  $U_2 = f(U_1)$ , при  $f = 10$  [кГц],  $L = 100$  [мГн],  $R = 2$  [кОм]

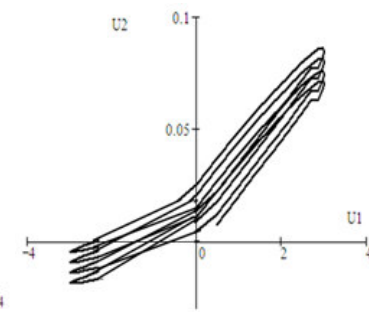


Рис. 6. Графік залежності  $U_2 = f(U_1)$ , при  $f = 20$  [кГц],  $L = 50$  [мГн],  $R = 2$  [кОм]

З ГДХ хаотичний сигнал надходить на вхід обчислювального пристрою, де визначається відхилення певного параметра ГДХ і на основі закладеної градуїрованої характеристики обчислюється значення вимірюваної фізичної величини. У роботі досліджена можливість вимірювання резистивної фізичної величини за допомогою ГДХ. Показано, що ГДХ на основі  $RL$ -діодного ланцюга має достатньо високу чутливість вихідної напруги до зміни опору в діапазоні до

250 Ом [2, 3], що може бути використано при створенні вимірювальних пристроїв. Для дослідження була створена схема в програмно пов'язаних між собою пакетах Multisim (рис. 7) та LabView (рис. 8), спостерігався детермінований хаос в вигляді фазового портрета схеми з певними заданими параметрами.

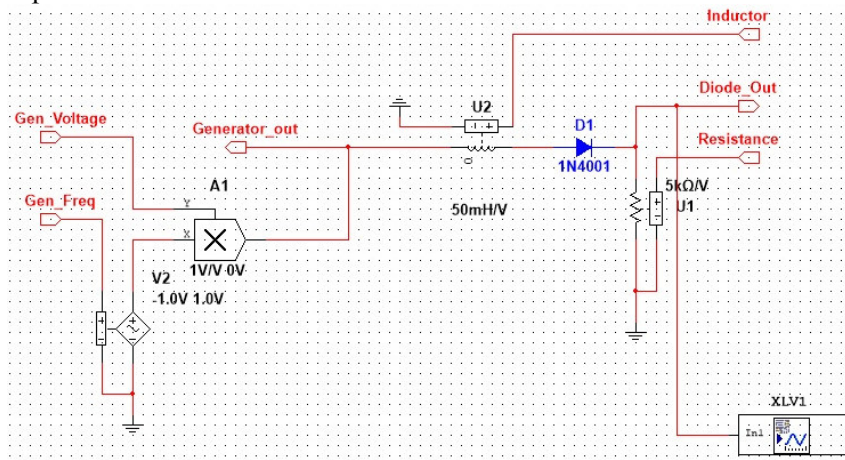


Рис. 7. Реалізація  $RL$ -діодного генератора детермінованого хаосу в пакеті Multisim

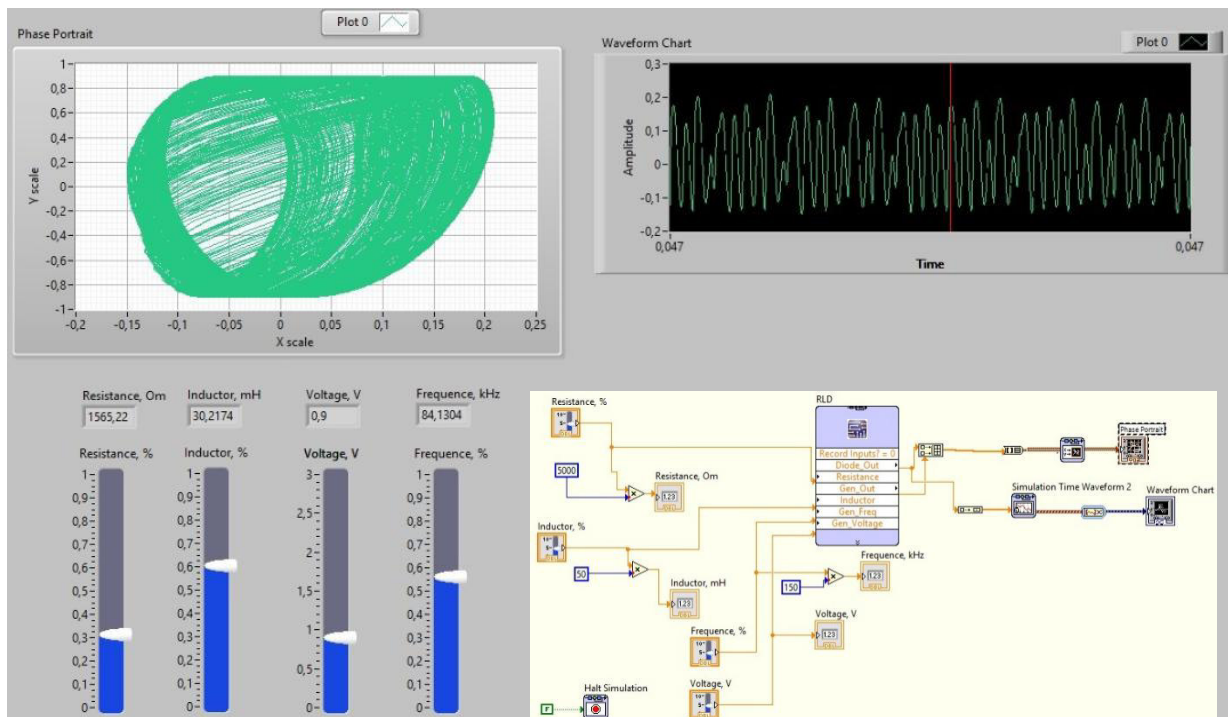


Рис. 8. Реалізація фазового портрета в пакеті LabView

1. Anishchenko V.S. *Nonlinear Dynamics of Chaotic and Stochastic Systems. Tutorial and Modern Development. 2nd Edition.* V.S. Anishchenko, V.V. Astakhov, A.B. Neiman, T.E. Vadivasova, L. Schimansky-Geier. Berlin, Heidelberg, 2007. – 460 p.

2. W. Kucheruk, Z. L. Warsza, W. Sewastyanow, W. Mankowska *Generator oscylacji chaotycznych o układzie  $RL$ -dioda jako przetwornik rezystancja-napięcie.* // *Przegląd Elektrotechniczny*, 2013, V. 10, p. 266-269.

3. V. Kucheruk, S.Sh. Katsyv, V.S. Mankovska, M.V. Mykhalko *Research of the “Determined Chaos” phenomenon on in the  $RL$ -Diode electric circuit of sinusoidal current* // *Proceeding the Sixth World Congress “Aviation in the XXI-st Century”*, volume 1, September 23-25, Kyiv, 2014, p. 1.10.20-1.10.24.

4. Кучерук В.Ю., Маньковська В.С., Глушко М.В. *Детермінований хаос у  $RL$ -діодних колах високочастотного синусоїдального струму і його застосування в метрології* // *5-та науково-практична конференція студентів і молодих учених «Методи та засоби неруйнівного контролю промислового обладнання».* – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ. -2015. – С.116.