

Міністерство освіти і науки України
Українська технологічна академія
Редакція міжнародного науково-технічного журналу "ВОТТП"
Одеська національна академія зв'язку ім. О.С.Попова
Хмельницький національний університет,
Редакція міжнародного науково-технічного журналу "Вісник ХНУ"
Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Вінницький національний технічний університет
National Instruments
Міжнародне відділення Інституту інженерів
по електротехніці і радіоелектроніці IEEE



ВИМІРЮВАЛЬНА ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА
В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ
(ВОТТП_17_2017)

*25-річчю МНТК «ВОТТП» і 20-річчю МНТЖ «ВОТТП»
Присвячується*

Матеріали
XVII міжнародної науково-технічної конференції

8 – 13 червня 2017 р. в м. Одеса (Затока)

Одеса 2017

Художнє оформлення обкладинки: к.т.н., доц. К.Л. Горященко

<http://fetronics.ho.com.ua/ntk>

*Рекомендовано до друку рішенням науково-технічної ради
Одеської національної академії зв'язку ім. О.С. Попова
протокол № 8 від 22 травня 2017 р.*

У збірнику надруковані доповіді та матеріали, які були представлені та заслухані на XVII-й міжнародній науково-практичній конференції "Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах", яка відбулася у м. Одеса, 8 – 13 червня 2017 р.

Доповіді та окремі статті подані в авторській редакції зі збереженням стилю викладу та якості підготовки вихідних матеріалів.

Редакційна колегія:

Бубулис Алгимантас, (Литва); **Вільям Кей Джі** (Республіка Корея); **Натріашвілі Тамаз Мамієвич**, (Грузія); **М.Н. Гладков** (National Instruments); **В.Б. Дудикевич** (Україна, Львів); **М.П. Дивак** (Україна, Тернопіль); **Жултовський Богдан**, (Польща); **В.Г. Здоренко** (Україна, Київ); **С.М. Злепко** (Україна, Вінниця); **В.Г. Каплун** (Україна, Хмельницький); **В.А. Каптур** (Україна, Одеса); **В.М. Кичак** (Україна, Вінниця); **В.П. Кожем'яко** (Україна, Вінниця); **В.Т. Кондратов** (Україна, Київ); **С.В.Коробко** (Білорусія); **В.Д. Косенков** (Україна, Хмельницький); **І.В. Кузьмін** (Україна, Вінниця); **Я.І. Лепіх** (Україна, Одеса); **А.О. Мельник** (Україна, Львів); **Мансуров Тофік Магомедович**, (Азербайджан); **С.В. Павлов** (Україна, Вінниця); **О.М. Петренко** (Англія, Лондон); **С.К.Підченко** (Україна, Хмельницький); **Попов Валентин**, (Німеччина); **О.П. Пунченко** (Україна, Одеса); **В.П. Ройзман** (Україна, Хмельницький); **О.Н. Романюк** (Україна, Вінниця); **В.В. Романюк** (Україна, Хмельницький); **О.П. Ротштейн** (Ізраїль, Єрусалим); **В.П. Тарасенко** (Україна, Київ); **Ю.М. Туз** (Україна, Київ); **В.В.Себко** (Україна, Харків); **М.М. Сурду** (Україна, Київ); **П.М. Сопрунюк** (Україна, Львів); **О.П. Стахов** (Канада); **Й.І. Стенцель** (Україна, Северодонецьк); **О.Б. Шарпан** (Україна, Київ); **К.Л. Шевченко** (Україна, Київ)

В47 Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах: Матеріали XVII міжнар. наук.-техн. конференції (8-13 червня 2017 р., м. Одеса); Одес. нац. акад. зв'язку ім. О.С. Попова. – Одеса – Хмельницький : ХНУ, 2017. – 220 С. (Укр., Рос., Англ.).

ISBN 978-966-413-596-9

Розглянуті проблеми та аспекти використання вимірювальної та обчислювальної техніки в різних галузях економіки та технологічних процесах.

Розраховано на наукових та інженерних працівників, які спеціалізуються в області вивчення цих задач.

УДК 681.2+004

ISBN 978-966-413-596-9 © Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах, 2017
© Вісник Хмельницького національного університету, 2017
© Хмельницький національний університет, Україна, 2017
© Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова, Україна, 2017

Склад організаційно-програмного комітету сімнадцятої МНТК ВОТТП 17 – 2017

П.П. Воробієнко. - професор, д.т.н., член-кор. НАПН України, ректор ОНАЗ ім. Попова - голова оргкомітету;

І.В. Троцишин – проф., д.т.н, академік УТА, головний редактор МНТЖ "ВОТТП" - заступник голови оргкомітету;

Члени оргкомітету:

Бубулис Алгимантас, (Литва)
Вільям Кей Джі (Республіка Корея)
Натріашвілі Тамаз Мамієвич, (Грузія)
М.Н. Гладков (National Instruments)
В.Б. Дудикевич (Україна, Львів)
М.П. Дивак (Україна, Тернопіль)
Жултовський Богдан, (Польща)
В.Г. Здоренко (Україна, Київ)
С.М. Злепко (Україна, Вінниця)
В.Г. Каплун (Україна, Хмельницький)
В.А. Каптур (Україна, Одеса)
В.М. Кичак (Україна, Вінниця)
В.П. Кожем'яко (Україна, Вінниця)
В.Т. Кондратов (Україна, Київ)
Є.В. Коробко (Білорусія)
В.Д. Косенков (Україна, Хмельницький)
І.В. Кузьмін (Україна, Вінниця)
Я.І. Лепіх (Україна, Одеса)
А.О. Мельник (Україна, Львів)
Мансуров Тофік Магомедович, (Азербайджан)
С.В. Павлов (Україна, Вінниця)

О.М. Петренко (Англія, Лондон)
С.К. Підченко (Україна, Хмельницький)
Попов Валентин, (Німеччина)
О.П. Пунченко (Україна, Одеса)
В.П. Ройзман (Україна, Хмельницький)
О.Н. Романюк (Україна, Вінниця)
В.В. Романюк (Україна, Хмельницький)
О.П. Ротштейн (Ізраїль, Єрусалим)
В.П. Тарасенко (Україна, Київ)
Ю.М. Туз (Україна, Київ)
В.В. Себко (Україна, Харків)
М.М. Сурду (Україна, Київ)
П.М. Сопрунюк (Україна, Львів)
О.П. Стахов (Канада)
Й.І. Стенцель (Україна, Северодонецьк)
О.Б. Шарпан (Україна, Київ)
К.Л. Шевченко (Україна, Київ).

Організаційна група:

В.О. Лазукін - директор бази відпочинку ОНАЗ,
В.О. Гуляєва – завідувач патентно-інформаційного відділу ХНУ,
К.Л. Горященко – доцент ХНУ, секретар 17-ї МНТК "ВОТТП", ХНУ,
Я.В. Гапанович – керівник ЦІТС та П, ОНАЗ,
М.І. Троцишин – технічний секретар

Регламент роботи конференції ВОТТП 17 – 2017

	<u>П'ятниця, 9 червня</u>
9-00__20-00	Реєстрація учасників конференції
10-30__17-00	Попередній розгляд дисертаційних робіт пошукачів <u>(База відпочинку ОНАЗ ім. О.С.Попова, Затока, «Кароліно-Бугаз»)</u>
9-00__10-00	<u>Субота, 10 червня,</u> Реєстрація учасників конференції <u>(База відпочинку ОНАЗ ім. О.С.Попова, Затока, «Кароліно-Бугаз»)</u>
10-30__12-00	Пленарне засідання
12-00__13-00	Обід, брейк-кава
13-00__17-30	Робота секцій
<u>19-00 21-00</u>	<u>Дружня вечеря</u>
9-00__17_00	<u>Неділя, 11- Понеділок, 12 ,червня</u> Робота секцій
8-00__21_00	<u>Вівторок, 13 червня</u> Екскурсійні поїздки: Фортці Білгород-Дністровського; Знайомство з підприємством «ШАБО»
10-00_12-00	<u>Середа, 14. червня</u> Робота секцій
12-00_13-00	брейк-кава
13-00_14-00	Пленарне засідання. Підведення результатів, Прийняття рішень
14-00	<u>Від'їзд учасників</u>

Програма конференції

Субота, 10 червня

10-20. **Відкриття 17-ї МНТК ВОТТП.**

1. Вступне слово ректора ОНАЗ ім. О.С.Попова **Воробієнка П.П.**, Голови оргкомітету ВОТТП-17-2017.
2. План дій та регламент конференції. **Троцишин І.В.** –Заступник голови оргкомітету.

10-30-12-00 Пленарні засідання

1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД РОЗРОБОК РАДІОЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ ТЕРАГЕРЦОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ РОЗРОБОК. **Т.М.Наритник, С.О. Бондарчук, Д.С.Вальчук, НДІ телекомунікації НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського».**
2. МЕТОДИ НАЗЕМНОГО ОБЕСПЕЧЕННЯ ВНЕШНЬОЇ КАЛИБРОВКИ СЕНСОРОВ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ КС ДЗЗ. **Л.М. Атрошенко⁴, Г.А. Борщева², А.Н. Горобец¹, Н.Н.Горобец¹, А.Л.Костриков³, И.А. Мель³, Е.Д. Ярмольчук²** ¹Харьковский Национальный Университет им. В.Н.Каразина ²ГП «Конструкторское бюро «Южное» им. М.К.Янгеля», ³ННЦ «ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ», ⁴НПП «ЛЕС - ИНФОРМ».
3. ДЕТАЛІЗАЦІЯ ПОНЯТТЯ МЕТРОЛОГІЇ В СУДНОВОДІННІ. **Н.О. Пунченко, Г.Н. Драганова, С.Г. Мазуренко, А.С. Домбровський, О.В. Лапіна, Д.С. Диравко, С.Ф. Волосюк, С.Д. Шкорупеев, Д.Г. Піщанецький.** *ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТА ЯКОСТІ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ".*
4. REGULATORY AND LEGAL ASPECTS OF DIGITAL JUMP SUPPORT IN UKRAINE **V.M.Orlov, Y.V. Hrapovych, N.I. Chereyuk.** *Odessa National O.S. Popov Academy of Telecommunications, Odessa,*
5. СИСТЕМА ПОСТУЛАТОВ – ИНСТРУМЕНТ ИССЛЕДОВАТЕЛЯ В ЕСТЕСТВОЗНАНИИ. **В.А. Вышинский,** *Институт кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины.*
6. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКТ “ТЕОРЕТИЧНА ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА МЕТРОЛОГІЯ”. **В.В.Грабко, В. В. Кухарчук, В. Ю. Кучерук, Ю. Г. Ведміцький,** *Вінницький національний технічний університет.*
7. МЕГА-НАУКА МЕТРОЛОГІЯ. **В.Т.Кондратов,** *Институт кибернетики им. В.М.Глушкова НАН Украины.*
8. ПРОБЛЕМИ КОНВЕРГЕНЦІЇ ТЕЛЕФОННИХ І КОМП’ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ. **О.В.Тихонова, В.ІТіхонов, В.В.Березовський,** *Одеська національна академія зв'язку ім. О.С.Попова.*
9. МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ “ВИМІРЮВАЛЬНА ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ”- ОСНОВНІ ЕТАПИ ДІЯЛЬНОСТІ . **І.В.Троцишин,** *Одеська національна академія зв'язку ім. О.С.Попова.*

12-00__13-00, брейк-кава, Обід.

13-00-16-00 Секційні засідання

Секція 1_Загальні питання метрології та вимірювальної техніки; Оптичні та фізико-хімічні вимірювання; Біомедичні вимірювання і технології; Новітні методи та технології

Керівники: д.т.н. Кондратов В.Т., д.т.н. Зленко С.М.

1. КОСВЕННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ДИСПЕРСИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОПТИЧЕСКИХ ИМПУЛЬСОВ МЕТОДОМ ДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ. **Н.А.Одегов,** *Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова.*
2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ УСИЛИЙ ДЕФОРМИРОВАНИЯ НА ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ ВАЛА ПРИ НАКАТЫВАНИИ РОЛИКОМ. **В.В.Стрельбицкий, Я.Є.Сурков,** *Одесский национальный политехнический университет.*
3. СПЕКТРАЛЬНА ЧУТЛИВІСТЬ ЛЮДСЬКОГО ЗОРУ ДО СВІТЛОВИХ ІМПУЛЬСІВ RGB СВІТЛОДЮДА **В.В. Браїловський, І.В.Пислар, М.Г.Рожественська,** *Чернівецький національний університет.*
4. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЧУТЛИВОСТІ КВАРЦОВИХ ТРУБЧАТИХ РЕЗОНАТОРІВ. **О.Ю. Олійник, Ю.К. Тараненко,** *Український державний хіміко-технологічний університет, м. Дніпро.*
5. АНАЛІЗ ПОХИБОК ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВОГО СТАНУ АКТИВНОЇ ЗОНИ П'ЄЗОЕЛЕМЕНТА В РЕЖИМІ ДВОЧАСТОТНОГО ЗБУДЖЕННЯ КВАРЦОВОГО РЕЗОНАТОРА. **С.К.Підченко, А.А.Таранчук, А.В.Співак, В.В.Мішан,** *Хмельницький національний університет.*

6. ПРИСТРІЙ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ЕНЕРГІЇ З ПІДВИЩЕНИМ ТЕПЛОВИМ КОЕФІЦІЄНТОМ. **С.І.Королевський, М.Г.Лорія, О.Б.Целіщев, А.Б.Жидков**, *Східноукраїнський національний університет імені В. Даля.*
7. КОНТРОЛЬ І УПРАВЛІННЯ ПОЄДНАНИХ СИСТЕМ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ АВТОНОМНОГО ПРИМІЩЕННЯ. **А.А.Асманкіна, М.Г.Лорія, О.Б.Целіщев, А.Б.Жидков**, *Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.*
8. ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИВИМІРНОЇ МОДЕЛІ ПОВЕРХНІ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПОРУШЕНЬ МІКРОЦИРКУЛЯЦІЇ КРОВІ НА КІНЦІВКАХ. **Я.Г.Скорюкова, С.М.Злепко, В.С.Павлов**, *Вінницький національний технічний університет.*
9. ВОЗМОЖНОСТИ ДОКАЗАТЕЛЬНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ОБОНЯТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ НА ОСНОВЕ РИНОМАНОМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ. **О.Г.Аврунин, Я.В.Носова**, *Харьковский национальный университет радиоэлектроники.*
10. НИЗЬКОЕНЕРГЕТИЧНА СВІТЛОДІОДНА ТЕХНОЛОГІЯ ВПЛИВУ НА РЕПРОДУКТИВНІ СИСТЕМИ ОБ'ЄКТІВ РИБНОГО ГОСПОДАРСТВА. **Н.В.Тітова, С.В.Павлов, С.М.Злепко, С.В.Костішин**, *Вінницький національний технічний університет.*
11. АЛГОРИТМ ТЕЛЕМЕДИЧНОГО КОНСУЛЬТУВАННЯ СІМЕЙНОГО ЛІКАРЯ. **Т.А.Чернишова, О.Ю.Азархов, Р.М.Вирозуб, В.В.Бичков, Г.С.Лепьохіна**, *Вінницький національний технічний університет Медичний центр НАУ*
12. БІОТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ ДЛЯ НИЗЬКОІНТЕНСИВНОЇ СВІТЛОВОЇ СТИМУЛЯЦІЇ ФС ОПЕРАТОРІВ. **М.В.Бачинський, Б.І.Яворський, О.С.Коваленко, С.В.Тимчик**, *Вінницький національний технічний університет, Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя.*
13. ВИМОГИ ДО АЛГОРИТМІЧНО-ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИЛАДІВ ДЛЯ СІМЕЙНОЇ МЕДИЦИНИ. **М.В.Московко, О.С.Злепко, Е.С.Шуляк, І.О.Криворучко**, *Вінницький національний технічний університет.*
14. СТАН СУЧАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПО ПРОБЛЕМІ СТВОРЕННЯ НИЗЬКО ЕНЕРГЕТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОЦІНКИ І КОРЕКЦІЇ ФС ОПЕРАТОРА. **Д.Х.Штофель¹, С.В.Костішин¹, Д.М.Барановський¹, В.Е.Кривонос², О.С.Козоріз¹**, *Вінницький національний технічний університет, Приазовський державний технічний університет.*
15. ПОСТРОЕНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ СТАТИСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НОСОВОЙ ПОЛОСТИ ДЛЯ ЗАДАЧ ДИАГНОСТИКИ И ПЛАНИРОВАНИЯ. **О.Г.Аврунин, М.Ю.Тымкович**, *Харьковский национальный университет радиоэлектроники.*
16. МОБІЛЬНІ ЗАСОБИ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЮ ПОКАЗНИКІВ, ЩО ХАРАКТЕРИЗУЮТЬ СТАН ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ. **О.І.Дорош¹, Г.Л.Кучмії², Н.В.Дорош³**, *¹Національний університет «Києво-Могилянська Академія» ²Національний університет «Львівська політехніка» ³Львівський національний медичний університет ім.Данила Галицького.*
17. РОЗРОБКА ДАТЧИКІВ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ НЕЙРОІНТЕРФЕЙСНОГО МАНІПУЛЯТОРА. **В.С.Димов, І.Д.Чеплік, Д.М. Картолапов**, *Херсонський національний технічний університет.*
18. ІНТЕГРОВАНА МЕТОДОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ РАДІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ДЛЯ МЕДИЧНИХ ТА АГРАРНИХ ЗАСТОСУВАНЬ. **Я.В.Савенко, М.О.Саленко, В.П.Мельник, Д.С.Курпас**, *Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».*
19. ВИКОРИСТАННЯ ХМАРНИХ СЕРВІСІВ У МЕДИЧНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ. **Ю.П. Гульчак**, *Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова.*
20. ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ЗОНДУВАННЯ МЕДИКО-БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ БАГАТОЧАСТОТНИМ ФАЗОВИМ МЕТОДОМ ДАЛЕКОМЕТРІЇ. **Ю.В.Сенчишина, І.В.Троцишин**, *Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова.*
21. ОПТИЧНИЙ МЕТОД І ПРИСТРІЙ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ПОРУШЕНЬ КРОВООБІГУ МІКРОЦИРКУЛЯТОРНОГО РУСЛА **В.М.Шапар¹, В.С.Лисенко¹, А.В.Савчук²** *¹Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є.Лашкарьова НАНУ. ²Міжнародний центр «Інститут прикладної оптики» НАНУ.*
22. ИССЛЕДОВАНИЯ ИМПЕДАНСА КОНДУКТОМЕТРИЧЕСКОГО ИНТЕРФЕЙСА Pt/H_2O И Pt/KCl НА ЧАСТОТАХ 10 кГц – 1 МГц. **А.А.Михаль, Д.В.Мелешук**, *Институт электродинамики НАН Украины.*
23. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОГО И МАС УРОВНЕЙ В Li-Fi СИСТЕМАХ. **А.И.Романов, Т.Т.Донг**, *Институт телекоммуникационных систем, КПИ им. Игоря Сикорского.*
24. ВИЗНАЧЕННЯ НАВАНТАЖЕННЯ ТА ДЕФОРМАЦІЙ, ЩО ПРИВОДЯТЬ ДО РУЙНУВАННЯ КОНТАКТНИХ ДІЛЯНОК КЕРАМІЧНИХ КОНДЕНСАТОРІВ. **І.І.Ковтун, Ю.М.Бойко, С.А.Петрашук**, *Хмельницький національний університет.*
25. БЕЗПЕКА ІОТ СИСТЕМ НА РІВНІ ХМАРНОГО СЕРВІСУ. **В.М.Холод, В.С.Мосійчук**, *Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україн.*
26. НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИМІРЮВАННЯ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ КОІНЦІДЕНЦІЇ. **І.В Троцишин, Г.Ю Шокотько, Н.І.Троцишина**, *Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова.*
27. СУЧАСНІ СТАНДАРТИ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ ПО ПРОВОДОВИХ ЛІНІЯХ. **К.Л. Горященко**, *Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова.*

1. **МІКРОЕЛЕКТРОННИЙ СЕНСОР КОНЦЕНТРАЦІЇ ГАЗУ З ЧАСТОТНИМ ВИХОДОМ.** **О.В.Осадчук, В.С.Осадчук, Я.О.Осадчук,** *Вінницький національний технічний університет.*
2. **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЖИМОВ ВОЗБУЖДЕНИЯ ЧЕТЫРЕХЗАХОДНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СПИРАЛЬНЫХ АНТЕНН С ОСЕВЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ.** **И. Л. Афонин, В. В. Головин, Ю. Н. Тыщук,** *ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет».*
3. **СИГНАЛ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДВУМЕРНОЙ ЧАСТОТНО-КОНТРАСТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ.** **Е.В.Ошаровская, Н.А.Пагласко, В.И.Солодка,** *Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова.*
4. **ПРИСТРІЙ ЦИФРОВОГО ОБРОБЛЕННЯ РАДІОСИГНАЛІВ.** **Г.Г.Бортник, А.В.Коваленко, А.В.Тищенко,** *Вінницький національний технічний університет.*
5. **УЗАГАЛЬНЕНЕ ЕЛЕКТРИЧНЕ КОЛО З УРАХУВАННЯМ ФІЗИЧНОГО ЯВИЩА ГІПЕРВАЛЕНТНОЇ ВЗАЄМОДІЇ.** **Ю. Г. Ведміцький,** *Вінницький національний технічний університет.*
6. **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО НАПРАВЛЕННОГО ОТВЕТВИТЕЛЯ.** **И.Л.Афонин, П.А.Бугаёв, А.К.Япуджян,** *ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет».*
7. **ВИКОРИСТАННЯ ЄМНІСНИХ СЕНСОРІВ ПРИ КОНТРОЛІ СТУПЕНЯ СПРЕСОВАНОСТІ ОСЕРДЯ СТАТОРА ТУРБОГЕНЕРАТОРІВ.** **Є.О.Зайцев, А.С.Левицький,** *Інститут електродинаміки НАН України.*
8. **АНАЛІЗ РЕГЛАМЕНТУ РОБОТИ ГАЗОТУРБІННОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ГТЕ-16.** **А.В.Толбатов, Г.А.Смоляров** *Сумський національний аграрний університет.*
9. **МЕТОДИКА ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ В ІМПЕДАНСНІЙ СПЕКТРОСКОПІЇ З ВРАХУВАННЯМ НЕГАРМОНІЧНОСТІ СИГНАЛІВ.** **Г.І.Барило, В.В.Вірт, Ф.Ф.Везир, Р.Л.Голяка, З.Ю.Готра, Г.Л.Кучмії,** *Національний університет «Львівська політехніка».*
10. **ВИКОРИСТАННЯ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОЇ НАДПРОВІДНОСТІ ДЛЯ ПОБУДОВИ ГЕНЕРАТОРІВ ТАКТОВИХ ІМПУЛЬСІВ НА БАЗІ ПЕРЕХОДІВ ДЖОЗЕФСОНА.** **В.М.Кичак, Д.С.Громовий, А.С.Мельничук.** *Вінницький національний технічний університет.*
11. **СУЧАСНІ МЕТОДИ ВИЯВЛЕННЯ ОБЛИЧ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ.** **О.М.Кириленко,** *Вінницький національний технічний університет.*
12. **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ОПЕРАТОРОМ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ.** **В.Д.Дмитриенко, С.Ю.Леонов, Д.М.Главчев,** *Национальный технический университет "Харьковский политехнический университет".*
13. **АКСЕЛЕРОМЕТРИЧНІ ІНЕРЦІАЛЬНІ МІКРОСИСТЕМИ ОРІЄНТАЦІЇ.** **А.В.Рудик.** *Національний авіаційний університет.*
14. **І ОПТОЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ ДЛЯ КОНТРОЛЮ СТАНУ ПОВЕРХОНЬ ОБ'ЄКТІВ ТА ЇХ ПЕРЕМІЩЕНЬ.** **О. Брагинець, О.Г. Кононенко, Ю.О. Масюренко** *Інститут електродинаміки Національної академії наук України.*
15. **ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ НА ПІДПРИЄМСТВАХ УКРАЇНИ.** **Л.Ю. Федік.** *Луцький національний технічний університет .*
16. **РОЗРОБКА ІНТЕГРОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ З АВТОМАТИЧНИМ КОНТРОЛЕМ ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛЕЙ ШТАМПІВ.** **Г.М. Клещов,** *Одеська державна академія технічного регулювання та якості, Одеса.*
17. **УНИВЕРСАЛЬНАЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА НА БАЗЕ ПЛАТФОРМЫ ARDUINO ДЛЯ НУЖД ОБРАЗОВАНИЯ.** **Н.Н.Сулима, А.С.Журба.** *Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова.*
18. **ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО - АНАЛІТИЧНИХ СИСТЕМ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ БЮДЖЕТНИХ УСТАНОВ.** **О.Б.В'юненко, А.В.Толбатов,** *Сумський національний аграрний університет, В.А.Толбатов, Сумський державний університет.*
19. **СТВОРЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЗА УМОВ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ТА НЕПОВНОТИ ІНФОРМАЦІЇ ПРО СТАН ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ.** **І.С.Кушнір,** *Одеська національна академія зв'язку ім. О.С.Попова, О.М.Харабет, Одеський національний політехнічний університет.*
20. **МЕТОД КОНТРОЛЯ НА БАЗЕ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ЄДИНОЇ СИСТЕМЕ КОНТРОЛЯ** **Н.Ф.Богомолв,** *Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина.* **А. А.Троц,** *Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, г. Киев, Украина.*

1. ІНФОРМАТИВНА НАДМІРНИСТЬ ВИМІРЮВАНЬ В СУДНОВОДНІ. **НО.Пунченко, С.Г.Мазуренко, А.С.Домбровський, Д.С.Дирявко**, Одеська державна академія технічного регулювання та якості Національний університет, "Одеська морська академія"
2. СИСТЕМА РЕГИСТРАЦИИ ПРОЦЕССОВ, СОПРОВОЖДАЮЩИХ ДИСПЕРГИРОВАНИЕ ЖИДКИХ ПЛЕНОК. **І.М.Черняк, М.В.Найда, С.Г. Гончарук, П.М.Трактиренко**, Сумський державний університет.
3. ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ДЛЯ КОРЕКЦІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ОПЕРАТОРА. **С.М.Злепко, С.В.Павлов, Л.Г.Коваль, К.С.Навроцька, А.Ю.Клапоущак**, Вінницький національний технічний університет.
4. АНАЛИЗ UHD ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИ ПОМОЩИ ВЕЙВЛЕТ АНАЛИЗА. **А.В.Лазука**, Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова.
5. ЕНТРОПІЙНЕ КОДУВАННЯ ТОПОЛОГІЇ СІТОК 3D ОБ'ЄКТІВ. **Н.С.Самусь**, Одеська національна академія зв'язку ім. О.С.Попова.
6. МЕТОД ЗАХИСТУ ОПТИЧНИХ МУФТ ІТ – МЕРЕЖ ВІД НЕСАНКЦІОНОВАНОГО ДОСТУПУ. **О.Ю.Коновалов Н.Я.Латун, О.О.Манько, К.Б.Нікіфоренко, Л.О. Харлай**, Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова.
7. ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ ІТ – МЕРЕЖ ВІД НЕСАНКЦІОНОВАНОГО ДОСТУПУ НА ДІЛЯНЦІ WI-FI. **О.Ю.Коновалов Н.Я.Латун, О.О.Манько, К.Б.Нікіфоренко, Л.О. Харлай**, Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова.
8. ПРОЕКТУВАННЯ МОБІЛЬНОГО ЗАСТОСУНКУ ДЛЯ ОБРОБКИ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ. **О.Є.Дідусенко, Р.М.Гриб**, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут».
9. Визначення шляхів підвищення гнучкості автоматизованих систем управління технологічними процесами. **С.М.Бабчук**, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу Україна.
10. АНАЛІЗ ЧУТЛИВОСТІВЛАСНИХ ЗНАЧЕНЬ МАТРИЦЬ МОДЕЛЕЙ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ. **Г.О.Димова**, Херсонський національний технічний університет.
11. ПРОБЛЕМИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ПАРКУ ЛІФТОВОГО ОБЛАДНАННЯ. **В.І.Стецюк, О.П.Войтюк**, Хмельницький національний університет.
12. МЕТОДИ ПОБУДОВИ ВИСОКОШВИДКІСНИХ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИХ ТРАКТІВ. **М.В.Васильківський, Г.Л.Антонюк, О.С.Полуденко**, Вінницький національний технічний університет.
13. РОЗРОБКА СМУГО-ПРОПУСКАЮЧОГО ФІЛЬТРА ДЛЯ СИСТЕМ РАДІОМОНІТОРИНГУ. **Т.Н.Наритник, О.В.Лутчак**, НДІ телекомунікацій НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського».
14. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО ПРИЕМНИКА ДИАПАЗОНА ЧАСТОТ 290-310 ГГц. **М.Е.Ильченко, С.В.Денбновецкий, Т.Н.Нарытник, А.В.Лутчак, А.В.Май**, Национальный технический университет Украины "КПИ имени Игоря Сикорского".
15. МЕТОДИ ПОБУДОВИ ВИСОКОШВИДКІСНИХ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИХ ТРАКТІВ. **М.В.Васильківський, Г.Л.Антонюк, О.С.Полуденко**, Вінницький національний технічний університет.
16. MEASUREMENT OF LTE ENODEB INTERMODULATION WITH HIGH DYNAMIC RANGE. **D.N.Belikov** FSUE Radio Research and Development Institute (NIIR) Sevastopol «Testing Center «Omega» – Affiliated Office of FSUE NIIR
17. PHASED ARRAY ANTENNA TECHNOLOGY FOR INCREASE THE ENERGY POTENTIAL OF RADIO IN REMOTE SENSING SPACE SYSTEMS. ¹**A.V.Kalvatinskiy, ²S.P.Freez, ¹Center of the Special Information Receiving and Processing and the Navigating Field Control ²Zhitomir Military Institute.**
18. МЕТОД ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ НА ОПТИЧНИХ ІТ – МЕРЕЖАХ. **О.Ю.Коновалов, О.О.Манько, К.Б.Нікіфоренко, Л.О Харлай**. Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова.

-
19. ПРИНЦИП ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ НА ЛІНІЙНИХ СПОРУДАХ ІТ – МЕРЕЖ. **О.Ю.Коновалов, О.О.Манько, К.Б.Нікіфоренко, Л.О Харлай.** *Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова.*
 20. THE MAXFLOW PROBLEM STATEMENT FOR MULTI-POLE SOFTWARE DEFINED NETWORK. **О.У.Тухонова, V.I.Tikhonov, O.S.Popov** *Odessa national academy of telecommunications.*
 21. РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ АЛГОРИТМА ТАКТОВОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ADSL2+. **В.А.Балашов, И.Б.Барба, Н.В.Сытник.** *Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова.*
 22. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОСТОРОВОГО РОЗПОДІЛУ СИГНАЛУ У ПРИМІЩЕННІ ДЛІА СТАНДАРТУ 802.11. **Д.В.Михалевський,** *Вінницький національний технічний університет.*
 23. ВЛИЯНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ СОТОВОЙ СЕТИ НА КАЧЕСТВО ПРЕДОСТАВЛЯЕМЫХ УСЛУГ. **А.А.Вакарчук, Н.Нурумов,** *Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова*
 24. МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ МІМО ТА SISO ТА ПОРІВНЯННЯ ЇХ ВЛАСТИВОСТЕЙ. **І.В.Гула, В.В.Мішан** *Хмельницький національний університет.*
 25. ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОТРАСЛИ СВЯЗИ. **Н.Н. Сулима,** *Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова.*
 26. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МАЛОПОТУЖНОГО ТРАНЗИСТОРНОГО ГЕНЕРАТОРУ ДЕТЕРМІНОВАНОГО ХАОСУ ЗАСОБАМИ ВИМІРЮВАННЯ NATIONAL INSTRUMENTS MULTISIM. **А.О.Семенов,** *Вінницький національний технічний університет.*
 27. ПЛАТФОРМА «ПРОГРАММИРУЕМОЕ РАДИО» НА БАЗЕ РХІ-СИСТЕМЫ NATIONAL INSTRUMENTS. **М.Н.Гладков,** *National Instruments.*
 28. МЕТОДОЛОГІЯ ПОБУДОВИ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ ІЗ ТЕХНІЧНИМИ ЗАСОБАМИ ТА МАКЕТАМИ. **І.В. Троцишин, С.В.Бех, М.І.Троцишин, С.І.Белоусов,** *Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова.*
 29. ЗАСТОСУВАННЯ WONDERWARE INTOUCH ACCESS ANYWHERE ДЛІА ВІДДАЛЕНОГО КОНТРОЛЮ ЗА ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ. **Ковалюк Д. О; Остапенко В. О.,** *Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського»м. Київ Україна.*
 30. ISSUES OF QUALITY IMAGE TRANSMISSION THROUGH LIGHT-TO-LIGHT PATHS OF TELEVISION AND MULTIMEDIA SYSTEMS AND RELATED IMAGING APPLICATIONS. **Gofaizen O.^{1,2}, Osharovska O.¹, Pyliavskiy V.^{1,2}, Patlaenko M.¹** *¹Odessa National Academy of Telecommunications; ²SE "Ukrainian Research Institute of Radio and TV".*
 31. ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ У ПРИСТРОЯХ ДЛІА ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБІВ З ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТІВ. **О.М.Халімовський., О. Л Сокольський., О.С Богута,** *Національний технічний університет України, "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" Україна, Київ, 03056, проспект Перемоги, 37*

УДК 621.396.6.019.3 : 620.172.21

І.І. КОВТУН, Ю.М. БОЙКО, С.А. ПЕТРАЩУК

Хмельницький національний університет
boiko_julius@ukr.net, dr.igorkovtun@gmail.com

ВИЗНАЧЕННЯ НАВАНТАЖЕННЯ ТА ДЕФОРМАЦІЙ, ЩО ПРИВОДЯТЬ ДО РУЙНУВАННЯ КОНТАКТНИХ ДІЛЯНОК КЕРАМІЧНИХ КОНДЕНСАТОРІВ

Представлено розроблену методику випробування керамічних конденсаторів статичним навантаженням на розтяг із використанням методу акустичної емісії. Проведено дослідження впливу прогріву контактної вузла на величину його руйнівного навантаження. Встановлено зв'язок між сигналами АЕ та міцністю контактних вузлів конденсаторів, паяних в різних технологічних умовах.

Ключові слова: конденсатор керамічний, міцність, монтаж поверхневий, навантаження на розтяг, акустична емісія

I.I. KOVTUN, J.M. BOIKO, S.A. PETRASHCHUK

Khmelnytskyi National University
boiko_julius@ukr.net, dr.igorkovtun@gmail.com

DESTRUCTIVE LOAD AND STRESS ASSESSMENT IN CONTACT JOINTS OF CERAMIC CAPACITORS

The paper represents method for tensile tests of ceramic capacitors using acoustic emission. The effect that contact joint heating has on its ultimate load is researched. The correlation between acoustic emission signals and strength of capacitors' contact joints produced by different technologies is found.

Keywords: ceramic capacitor, strength, surface mount device, tensile test, acoustic emission

Вступ. Одним із основних вузлів сучасної радіоелектронної апаратури є друкована плата, на яку встановлюють мікросхеми, дискретні компоненти, роз'єми, провідники та інші електронні компоненти (ЕК) схем. В результаті дії як експлуатаційних факторів так і технології монтажу виникає взаємодія об'єднувальної плати з тілами ЕК через контактні площадки і виводи останніх та виникають деформації і напруження як в самих ЕК, так і в контактних вузлах [1], що вимагає детального їх вивчення. Слід зазначити, що саме ці деформації і напруження не рідко виявляються причиною руйнування контактів та втрати працездатності електронних вузлів та модулів.

Об'єктом представлених досліджень були керамічні конденсатори типу SMD, тобто компоненти для поверхневого монтажу, які все частіше використовуються в електронних системах. Частина таких конденсаторів в процесі складання, випробування і при експлуатації виходять з ладу через відшарування контактних ділянок (і руйнування конденсатора), що вимагає дослідження міцності зазначених виробів.

В якості методу дослідження окрім статичного механічного випробування на розтяг було використано метод акустичної емісії з реєстрацією як механічних характеристик так і акустико-емісійних параметрів відповідно.

Предметом дослідження є міцність паяних з'єднань металокерамічних конденсаторів, що працюють в умовах напружено-деформованого стану.

Метою дослідження було визначення навантаження та деформацій, що приводять до руйнування контактних ділянок конденсаторів паяних в різних технологічних умовах.

Для досягнення поставленої мети були вирішені наступні задачі: розробка методики експериментального механічного випробування ЕК; визначення впливу прогріву контактної вузла на величину його руйнівного навантаження; встановлення зв'язку між сигналами АЕ та міцністю контактних вузлів конденсаторів, паяних в різних технологічних умовах.

Методика випробування керамічних конденсаторів статичним навантаженням на розтяг

Попередні випробування конденсаторів на зсув під дією поперечної сили показали, що при такому навантаженні відшарування виникає при величині сили, яка в два-чотири рази перевищує руйнівне навантаження на розтяг, тому конденсатори типу K10-17B і K10-50B випробовували навантаженням на розтяг.

Дослідження було проведено з метою визначення навантаження, що приводить до відшарування контактних ділянок конденсаторів типу K10-17B і K10-50B при розтягу; визначення деформацій, що виникають в конденсаторах при розтягу, визначення та порівняння руйнівних навантажень, що виникають в конденсаторах типу K10-50B при пайці з перегрівом та "холодною пайкою"; встановлення зв'язку між сигналами АЕ та міцності паяного з'єднання (ПЗ) конденсаторів, паяних в різних технологічних умовах. Формування ПЗ в експериментах було виконано у відповідності до галузевого стандарту [2], в якому передбачено монтаж конденсаторів K10-50B на друковану плату припоєм ПОС-61 ГОСТ 21930-76 (допускається припій ПСрОС 3-58 ГОСТ 19746-74) при потужності паяльника 15-20 Вт і тривалості пайки не більше трьох секунд.

З метою зменшення похибки вимірювання малих значень навантажень випробування конденсаторів на розтяг було вирішено проводити на спеціально розробленому пристрої, показаному на рис. 1, що містить

платформу 1, кронштейн 2, коромисло 3, динамометр 4, тягу 6, барабан 7 і рукоятку 8.

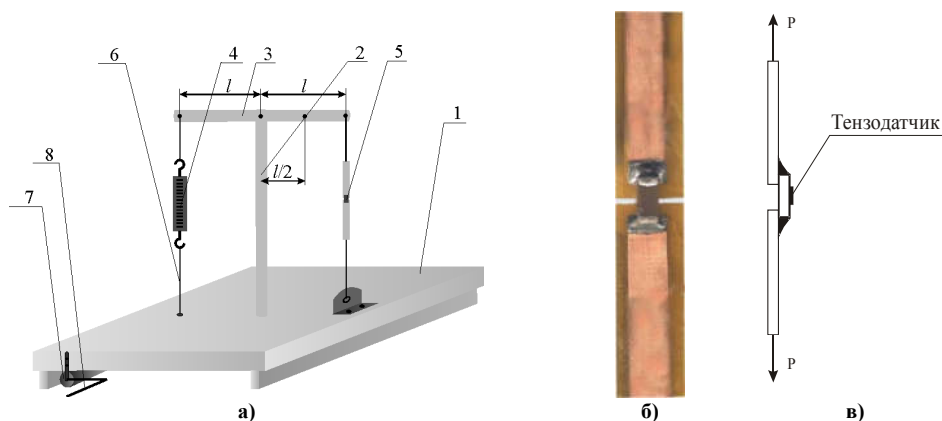


Рисунок 1 – Пристрій для випробування на розтяг

Устаткування для випробування включало пристрій для випробування на розтяг, міст постійного струму АС-2, гальванометр типу М 17/2, комутаційний пристрій типу АП-1А, тензодатчики МБ-2, вимірювальний комплекс акустичної емісії [3]. Було випробувано 100 шт. конденсаторів К10-17В і 100 шт. конденсаторів К10-50В.

Навантаження конденсаторів здійснювалося наступним чином. Випробуваний конденсатор 5 кріпився між коромислом та платформою шляхом підпайки виводів на полосах, вирізаних із друкованих плат (рис. 1, б). Обертаючи рукоятку 8, здійснювалося навантаження конденсатора з візуальної реєстрацією навантаження розтягу на динамометрі 4. Для підвищення точності вимірювання руйнівного навантаження при випробуванні конденсаторів К10-17В (які мають менші значення руйнівних навантажень) в пристрої передбачена можливість зміни довжини коромисла 3, тобто зміна плечей важеля в навантажувальній системі.

Випробуванню підлягали конденсатори взяті із однієї партії. Конденсатори піддавали розтягу на пристрої (рис. 1) до руйнування з одночасним записом сигналів АЕ і фіксували значення руйнівних навантажень. У всіх випадках руйнування відбувалося через відшарування контактної ділянки. Декілька конденсаторів були препаровані тензодатчиками, як показано на рис. 1, в, за допомогою яких визначали залежність між деформаціями ε поверхні конденсатора, де розташовувався тензодатчик, і величиною прикладеного навантаження P . На рис. 2 представлені графіки залежності ε від P для випробовуваних конденсаторів.

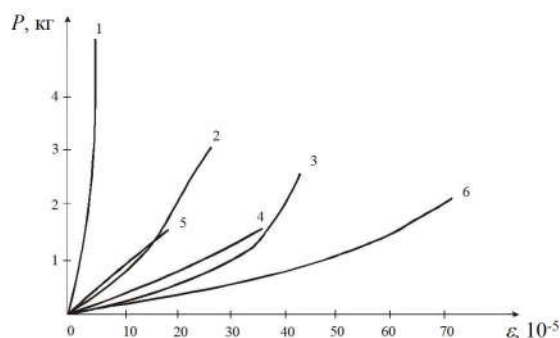


Рисунок 2 – Залежність між деформаціями і навантаженням розтягу в конденсаторах К10-50В (1) і К10-17В (2, 3 - 6)

Визначення впливу прогріву контактної вузла на величину руйнуючого навантаження

Для визначення впливу прогріву контактної вузла на величину руйнуючого навантаження був проведений наступний експеримент. Конденсатори К10-50В, взяті з однієї партії, були розділені на дві групи. Конденсатори першої групи припаювалися до плати за вказаною технологією, але при тривалості пайки не менше 10 с при температурі 220-270 °С, а конденсатори другої – сплавом РОЗЕ при температурі 94-120 °С. Після контролю якості пайки конденсатори піддавалися випробуванню за вказаною вище методикою.

Аналізуючи матеріали експерименту, можна припустити, що прогрів конденсаторів при пайці не знижує міцності контактних вузлів, а покращує зчеплення контактних ділянок з обкладинками конденсатора і тому навіть підвищує міцність на відрив цих ділянок від конденсатора.

При навантаженні конденсаторів К10-17В, паяних припоєм ПОС-61 з "перегрівом" (тобто при прогріванні вузла паяльником протягом 10 с) і "холодним" припоєм РОЗЕ, реєструвалися сигнали АЕ. Сигнали АЕ реєструвалися одним п'єзоелектричним перетворювачем (ПЕП), закріпленим через шар акустичної мастила за допомогою струбцини на платі поруч із конденсатором. На рис. 3 представлені порівняльні залежності сумарної кількості АЕ-сигналів протягом часу навантаження конденсаторів, паяних

припоєм ПОС-61 з "перегрівом", що відповідає відносній деформації $\varepsilon = 70 \times 10^{-5}$ (руйнування контактної вузла конденсаторів К10-17В паяних "холодним" припоєм РОЗЕ відбувалося в середньому при $\varepsilon = 45 \times 10^{-5}$). Як видно з графіків, високо-амплітудні сигнали з конденсаторів, паяних "холодним" припоєм РОЗЕ з'являються набагато раніше, ніж у конденсаторів, паяних припоєм ПОС-61 з "перегрівом". Активність їх відповідно в 2,5, а сумарний рахунок в 1,5 рази більше.

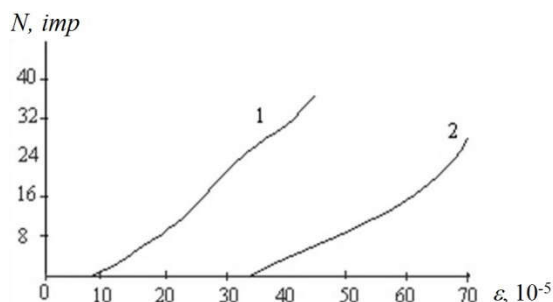


Рисунок 3 – Залежність сумарної кількості АЕ-сигналів від відносної деформації:
1 – сигнали АЕ "холодного" припою РОЗЕ; 2 – сигнали АЕ припою ПОС-61 з "перегрівом"

Як було показано раніше [4] реєстрація динаміки зміни параметрів АЕ дозволяє виявляти та спостерігати за розвитком дефектів і тим самим оцінювати стан міцності матеріалу під навантаженням. Отже, за допомогою методу АЕ було показано, що прогрів конденсаторів при пайці не тільки не знижує міцності контактних вузлів, але і покращує зчеплення контактних ділянок з обкладинками конденсатора і тому навіть підвищує міцність на відрив цих ділянок від конденсатора.

У зв'язку з цим було висловлено припущення, що міцність контактних вузлів залежить від температури прогріву, яку можна регулювати, змінюючи температуру жала паяльника. Оскільки температуру пайки теоретично визначити досить складно, а практично можна регулювати тільки температуру жала паяльника і тривалість пайки, було вирішено провести експеримент таким чином, щоб технологія пайки залишилася без змін, а необхідна температура контактної вузла досягалася попереднім випробуванням прогрівом конденсаторів. В ході експерименту конденсатори були розділені на групи, кожна з яких витримувалася в термостаті протягом однієї години при температурі відповідно 150 °С, 180 °С, 200 °С, 215 °С, 230 °С, 250 °С, після чого відбувалось їх розпаювання. Припаяні конденсатори піддавалися випробуванню за описаною методикою. Матеріали випробувань показують, що в непрогрітому стані середнє значення руйнівних зусиль становить 30,6 Н, а після прогріву при 200 °С – 47,6 Н, тобто міцність контактних вузлів в середньому підвищилася на 50%. Також встановлено, що оптимальна температура прогріву лежить в межах 180-200 °С.

Висновки

Розроблена методика експериментального механічного випробування електронних компонентів статичним навантаженням на розтяг. Експериментально встановлено, що попередній прогрів металокерамічних конденсаторів збільшує міцність контактних вузлів в середньому на 50%, оптимальною температурою прогріву лежить в межах 180-200 °С. Встановлено зв'язок між сигналами АЕ та міцністю контактних вузлів конденсаторів, паяних в різних технологічних умовах.

Література

1. Е. Бегер Практические способы уменьшения деформаций печатных плат на этапе конструирования // Компоненты и технологии, № 1. – 2009.
2. ОСТ4 ГО.054.089. Узлы и блоки радиоэлектронной аппаратуры. Пайка монтажных соединений. Типовые технологические процессы. – 1982. – 117 с.
3. Патент на винахід 41138 А Україна, МКИ G 01 N 29/04. Пристрій для визначення координат джерела акустичної емісії / Ройzman В.П., Ковтун І.І., Горошко А.В., Прохоренко С.В. – 15.08.2001, Бюл №7.
4. Silin R. Improving reliability of machine units and details by acoustic emission diagnosing / R. Silin, V. Royzman, I. Kovtun // Proceedings of 11th World Congress in Mechanism and Machine Science, Tianjin, China. – 2004.

References

1. E. Beger Prakticheskie sposobyi umensheniya deformatsiy pechatnyih plat na etape konstruirovaniya // Components and technologies, № 1. – 2009.
2. OST4 GO.054.089. Uzlyi i bloki radioelektronnoy apparatury. Payka montazhnyih soedineniy. Tipovyye tehnologicheskyye protsessyyi. – 1982.
3. Patent na vyinahid 41138 A Ukraine, MKI G 01 N 29/04. Pryistriy dlya vyznachennya koordynat dzherela akustychnoy emisiyi / Royzman V.P., Kovtun I.I., Goroshko A.V., Prohorenko S.V. – 15.08.2001, Byul №7.
4. Silin R. Improving reliability of machine units and details by acoustic emission diagnosing / R. Silin, V. Royzman, I. Kovtun // Proceedings of 11th World Congress in Mechanism and Machine Science, Tianjin, China. – 2004.