

**Міністерство освіти і науки України**  
**Вінницький національний технічний університет**  
**Національний технічний університет «Київський політехнічний**  
**університет ім. Ігоря Сікорського»**  
**Харківський національний університет радіоелектроніки**  
**Національний університет «Львівська політехніка»**  
**Новий Лісабонський університет**  
**(Португальська республіка)**  
**Люблінська політехніка (Польща)**  
**Hebei university of engineering (КНР)**  
**Державний університет телекомунікацій**  
**Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського**  
**«Харківський авіаційний інститут»**  
**Чернівецький національний університет**

**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ,  
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ ТА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ  
(СПРТП-2017)**

**Матеріали VI Міжнародної  
науково-технічної конференції**

м. Вінниця,  
28-30 вересня 2017 р.

Вінниця  
ВНТУ  
2017

---

Замовити цю книгу <https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/book/460>

Видавництво Вінницького національного технічного університету

<https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog>

УДК 621.38+621.39+681.2  
С 91

Друкується за рішенням Вченої ради Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України.

Відповідальний редактор В. М. Кичак

Матеріали опубліковані в авторській редакції.

С 91 Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування (СПРТП-2017): матеріали VI міжнародної науково-технічної конференції, м. Вінниця, 28-30 вересня 2017 р. – Вінниця, ВНТУ, 2017. – 162 с.

ISBN 978-966-641-705-6

Збірка містить матеріали доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції з сучасних проблем радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування за такими основними напрямками: обробка сигналів і зображень в радіоелектронних та телекомунікаційних системах; радіотехнічні, телекомунікаційні та оптоелектронні пристрої, комплекси та системи; радіовимірвальні пристрої та системи; радіоелектронні засоби в біомедичній інженерії; сучасні аспекти розвитку радіоаматорства.

**УДК 621.38+621.39+681.2**

**ISBN 978-966-641-705-6**

© Автори статей, 2017

© Упорядкування, Вінницький національний технічний університет, 2017

**Склад організаційно-програмного комітету VI Міжнародної науково-технічної конференції «СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ, ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ ТА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ» (СПРТП-2017)**

Голова оргкомітету- д.т.н., проф. Павлов С.В.

Заступник голови оргкомітету - д.т.н., проф. Кичак В.М.

*Члени оргкомітету:*

Абдулаєв Н.Т. (Азербайджан)  
Азаров О.Д. (Україна, Вінниця)  
Білінський Й.Й. (Україна, Вінниця)  
Беркман Л.Н. (Україна, Київ)  
Василенко В.Б. (Португальська республіка)  
Вуйцик В. (Польща)  
Захарченко М.В. (Україна, Одеса)  
Злепко С.М. (Україна, Вінниця)  
Карташов В.М. (Україна, Харків)  
Кветний Р.Н. (Україна, Вінниця)  
Лужецький В.А. (Україна, Вінниця)  
Новіков О.О. (Україна, Херсон)  
Осадчук В.С. (Україна, Вінниця)  
Осадчук О.В. (Україна, Вінниця)  
Полікаровський О.І. (Україна, Хмельницький)  
Троцишин І.В. (Україна, Одеса)  
Ротштейн О.П. (Ізраїль)  
Шарпан О.Б. (Україна, Київ)  
Яненко О.П. (Україна, Київ)  
Якіменко Ю.І. (Україна, Київ)

*Організаційна група:*

Кичак В.М.,  
Барась С.Т.,  
Бортник Г.Г.,  
Тимчик С.В.

## Зміст

### 1. Теорія кіл електричного поля та сигналів

О. О. Білецький, В. Й. Котовський. Енергетичні характеристики кіл коливального заряду суперконденсатора.....	10
А. О. Семенов, С. М. Ковальчук, В. І. Коломийчук, О. В. Шевчук. Хаотична динаміка неавтономних електричних кіл другого порядку з нелінійною індуктивністю.....	12
А. О. Семенов, А. В. Чернявський, Є. І. Шевчук. Хаотична динаміка неавтономних електричних кіл другого порядку з нелінійною ємністю.....	14

### 2. Математичне моделювання в радіоелектроніці та телекомунікація

Й. Й. Білінський, К. В. Огородник, О. О. Лазарєв, А. В. Столяр. Дослідження математичної моделі ультразвукового резонансного методу вимірювання параметрів рідких та газоподібних середовищ.....	17
Н. В. Захарченко, Д. В. Голєв, А. В. Толкачев, В. Е. Басов, Е.А. Севастеев. Синтез ансамблей ТСК в двоичном канале с энтропией превышающего длительность кодового слова.....	19
О. О. Семенова, М. Р. Ковалик. Маршрутизація у телекомунікаційних мережах за допомогою нечіткої логіки.....	21

### 3. Обробка сигналів і зображень в радіоелектронних та телекомунікаційних системах

Й. Й. Білінський, О. С. Городецька, М. В. Гладишевський, Я. В. Яхимович. Дослідження частотної характеристики ультразвукового сигналу в системі приймач – передавач в межах ближньої зони.....	23
Й. Й. Білінський, О. С. Городецька, М. В. Гладишевський, Я. В. Яхимович. Дослідження явища інтерференції ультразвукового сигналу в межах ближньої зони.....	25
С. Т. Барась, О. В. Войцеховська. Властивості автокореляційної функції альтернативної дискретної послідовності.....	27
С. Т. Барась, В. О. Вінічук, Р. В. Трофанюк, Д. Л. Подорожний. Альтернативна дискретна послідовність для розширення спектра сигналу.....	29
А. Ю. Воловик, О. П. Червак, М. А. Шутило. Формувач різницевого сигналу модельно орієнтованих систем діагностики.....	31
В. Й. Куць, М. В. Васильківський. Цифрова обробка сигналів в когерентних оптичних приймачах телекомунікаційних систем.....	32

О. О. Лазарев, Д. О. Козін. Режекторний фільтр на С-негатроні.....	35
О. О. Лазарев, А. І. Романько. Дослідження використання С-негатронів для збільшення коефіцієнта переналаштування генераторів електричних сигналів.....	37
Д. В. Михалевський. Просторовий розподіл сигналу у приміщенні при центральному розміщенні точки доступу стандарту 802.11.....	39
В. І. Отт, М. В. Васильківський. Методи демодуляції сигналів в гомодинних оптичних приймачах ВОСП.....	41
О.В. Осадчук, В. В. Лукін, М. О. Притула, О. П. Червак. Перетворювач магнітного поля з частотним виходом.....	43
О.В. Осадчук, Я. О. Осадчук. Частотний перетворювач тиску на основі двохстокових МДН тензотранзисторів.....	46
О.В. Осадчук, А. Ю. Савицький, О. С. Звягін. Застосування чисельних методів обробки періодичних сигналів первинних сенсорів.....	49
Н.О Пунченко. Проект алгоритму обробки радіолокаційних зображень для моніторингу морського простору.....	51
I. V. Trotsyshyn. A practice application of the theory of phase-frequency measurements and transformations of radiosignals parameters.....	53

#### **4. Радіотехнічні, телекомунікаційні та оптоелектронні комплекси та системи**

Ю. О. Бабій. Моніторинг рухомих об'єктів на сухопутному кордоні України волоконно-оптичними засобами охорони.....	56
Р. І. Білий. Генератор сигналів з використанням мікросхем.....	58
Г. Г. Бортник, О. Г. Бортник. Широкодіапазонний аналого-цифровий перетворювач з передбаченням сигналу.....	60
А. Г. Возняк. Наукові та інженерні основи забезпечення герметичності вузлів вологозахисту плівкових конденсаторів.....	62
О. В. Войцеховська, М. М. Пастушенко. аналіз функціонування мережі бездротового доступу в навчальному корпусі.....	64
Д. В. Гаврілов, В. Л. Кофанов, М. Шоробура, М. Гончарук. Подільники частоти на програмованих логічних інтегральних схемах...	66
Є. О. Дворський. Стабілізатор напруги з регульованим струмом захисту.....	68
О. О. Лазарев. Досягнення та перспективи використання L-, С-негатронів.....	71
О. І. Полікаровських. Технології фотоніки у DDS синтезаторах.....	73
А. В. Рудик. Розробка локальної навігаційної системи наземного мобільного робота.....	75
А. О. Семенов. Генератори детермінованого хаосу на основі транзисторних структур з від'ємним опором.....	77
А. О. Семенов, Д. О. Філевський, Я. В. Квітчук. Простий	

неавтономний генератор детермінованого хаосу типу Дуффінга-Холмса.....	79
I. В. Слободян. Організація та структура матриць пам'яті на базі ХСН	81
Changhao Yu, В. С. Белов. Аналіз адаптованості безпроводових мереж в концепції NGN.....	84
V. M. Kychak, V. D. Tromsyuk Calculation of parameters of errors in radioelectronic and telecommunication systems.....	86

## **5. Захист інформації в телекомунікаційних системах та мережах**

О. В. Войцеховська, В. В. Боженкою Аналіз методів захисту даних в інфокомунікаційних системах.....	89
О. О. Семенова, І. М. Кононов. Керування доступом до мережі WiMAX за допомогою нечіткої логіки.....	91

## **6. Програмне забезпечення радіоелектронних, телекомунікаційних та біотехнічних систем.**

І. О. Криворучко, С. М. Злепко, В. Вуйцик, Т. А. Чернишова, О. С. Злепко. Інформаційні лікувально-діагностичні ресурси.....	93
С. В. Костішин, С. В. Тимчик, І. С. Тимчик, Л. В. Ващук. Застосування OLAP-технологій при проектуванні медичних інформаційних систем...	95
М. В. Московко, Н. Т. Абдулаєв. Впровадження інформаційних систем в процес оцінювання функціонального стану спортсменів.....	96
А. В. Наконечна. Застосування нейромереж в медицині.....	97
О. І. Нікольський, Й. Й. Білинський, В. Г. Красиленко. Використання LABVIEW для моделювання в реальному часі процесу моніторингу та відстеження багатьох біологічних об'єктів.....	99

## **7. Радіоелектронні засоби в біомедичній інженерії**

Д. М. Барановський, В. В. Євстігнєєв, О. С. Козоріз, В. С. Павлов. Сучасні методи вимірювання ЧСС.....	102
М. Є. Білов, В. М. Крамар, О. Г. Шайко-Шайковський, В. А. Шевчук. Радіоелектронний комплекс і методика для дистанційної безконтактної медичної діагностики.....	104
Л. Г. Коваль, С. М. Гончарук, В. І. Макогон, В. Е. Кривоносов. Канал низькоінтенсивного світлового впливу.....	106
М. В. Московко, В. Б. Василенко, С. В. Костішин, Д. Х. Штофель, Г. М. Новіцький. Формування інтегральних критеріїв ефективності медичних інформаційних систем.....	108
К. С. Навроцька, Д. Х. Штофель, В. І. Макогон, М.С. Паламарчук. Обґрунтування необхідності відбору операторів безпілотних літальних апаратів.....	110
С. В. Павлов, Н. В. Тітова, В. В. Гомолінський. Канал подачі і підігріву води для технології управління інкубаційним процесом в	

рибоводстві.....	112
А. И. Поворознюк, А. Е. Филатова. Математическая модель процесса инструментального обследования пациентов.....	114
С. В. Тимчик, Д. М. Барановський, В. С. Павлов, Є. Г. Крекотень. Аналіз сучасних засобів і приладів для телеметричного моніторингу життєвих функцій людини.....	116
О. Г. Шайко-Шайковський, О. М. Сорочан, О. Ю. Азархов, М. В. Московко. Метод накісткового стабільно-функціонального остеосинтезу.....	118
О. Р. Yanenko, V. O. Adamenko, K. L. Shevchenko, R. A. Tkachuk, V. I. Kuz. The device for determining the absorption capacity modulated light beams irradiation ВАР.....	120
О. Ph. Yanenko, K. L. Shevchenko, V. M. Kychak, O. D. Golovchanska. Research of the light permeability of the human body and materials of the biological origin.....	123

## **8. Радіовимірювальні пристрої та системи**

Й. Й. Білинський, К. В. Огородник, Н. А. Стоян, А.В. Сироватський. Дослідження похибок ультразвукового методу вимірювання густини нафтопродуктів.....	127
Й. Й. Білинський, В. П. Стахов, О. О. Лазарев. Пасивні радіочастотні моноімітансні здавачі.....	129
В. С. Белов, А. С. Белов. Панорамна обробка широкосмугових сигналів з використанням SDR.....	131
М. О. Вікаренко, М. В. Васильківський. Дослідження параметрів високошвидкісних оптичних передавачів.....	133
А. А. Негур, С. П. Кононов. Одноканальний ідентифікатор частотних міток.....	135
В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, О. М. Жагловська, І. О. Романчук. Пристрій вимірювання потужності оптичного випромінювання.....	137
В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, Л. В. Крилик, О. О. Селецька. Мікроелектронні частотні перетворювачі вологості на основі транзисторних структур з від'ємним опором.....	139
В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, О. О. Селецька, Л. В. Крилик. Мікроелектронні вимірювачі потужності оптичного випромінювання....	142
В. О. Шаталюк, О. С. Городецька. Дослідження параметрів підсилювальної ділянки магістральної ВОЛТ.....	145
О. V. Osadchuk, S. V. Varaban, B. V. Basich. Temperature converter based on IGBT-BJT structure with negative resistance.....	146

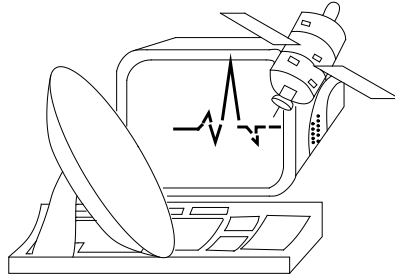
## **9. Сучасні аспекти розвитку радіоаматорства**

В. С. Белов. Радіоаматорська мережа передачі даних на основі APRS...	150
С. І. Белов. Радіоаматорський код – основа оперативного радіообміну...	151



А. С. Белов, В. С. Белов. Застосування WebSDR в радіоаматорській службі зв'язку.....	152
В. С. Белов, В. І. Курилович. Особливості застосування радіоаматорської аварійної служби (РАС).....	154
В. Бурдейный. Устройства отсечки тока в фидерной линии.....	155
М. В. Мельничук, В. С. Белов. Системи електронного обміну QSL та підтвердження радіозв'язку.....	157
В. В. Пращук. Особливості радіоаматорської роботи на низькочастотних діапазонах.....	159
А. Л. Прибега, В. С. Белов. Радіоаматорські дипломи та нагороди на прикладі DXС.....	160
М. Г. Хіхляч, С. І. Белов, В. С. Белов. Перші радіоаматори Вінниччини	161





СПРТП-2017

**Секція 1.**  
**Теорія кіл електричного поля та сигналів**

**О. О. Білецький, В. Й. Котовський**

(Україна, Київ, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»)

## **ЕНЕРГЕТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КІЛ КОЛИВАЛЬНОГО ЗАРЯДУ СУПЕРКОНДЕНСАТОРА**

**Анотація.** Дане дослідження виконувалось з метою підвищення енергетичних характеристик кіл коливального заряду суперконденсатору від акумуляторної батареї при зміні його початкових напруг. Проведено аналіз оптимальних режимів заряду суперконденсатора. Підтверджено необхідність урахування впливу ненульових початкових умов по напрузі на коефіцієнт передачі енергії від акумуляторної батареї до суперконденсатору. Встановлені умови мінімізації втрат в колах коливального заряду суперконденсаторів.

**Ключові слова:** суперконденсатор, акумуляторна батарея, нелінійна ємність, коефіцієнт передачі енергії, перехідні процеси.

**Abstract.** This study was carried out to increase the power characteristics of the oscillating charge circuits of a supercapacitor from the battery when changing its initial voltages. The analysis of optimal charge modes of supercapacitor is carried out. The necessity of taking into account the influence of non-zero initial conditions of voltage on the coefficient of energy transfer from the battery to the supercapacitor has been confirmed. The conditions of minimization of losses in circuits of oscillating charge of supercapacitors are established.

**Keywords:** supercapacitor, battery, nonlinear capacitance, energy transfer coefficient, transient processes.

Новітні електромеханічні системи орієнтовані на застосування накопичувачів електроенергії, які можуть швидко забезпечувати у навантаженні великі імпульсні потужності. Для таких задач зазвичай застосовують суперконденсатори (СК), головним призначенням яких може бути реалізація короткочасних потужностей в електромеханічних системах [1, 2].

При поєднанні високої питомої потужності СК з високою питомою енергією акумуляторної батареї (АБ) можна отримати комбіновану електротехнічну систему, яка може забезпечити високу вихідну потужність на початку руху електромобіля (ЕМ), після зупинки і при підйомі його на пагорб без попередньої зупинки, і при цьому забезпечувати споживання енергії з АБ протягом тривалого періоду часу. За допомогою використання комбінованих систем в ЕМ (рис. 1) можна суттєво підвищити строк служби АБ і отримувати високий коефіцієнт передачі енергії в колах коливального заряду СК [1-3].

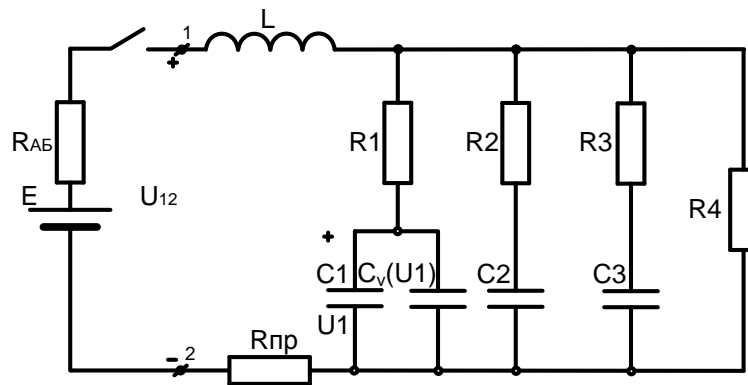


Рисунок 1 - Еквівалентна схема заміщення СК з врахуванням індуктивності

Аналіз енергетичних характеристик СК показав, що дослідження проводяться без врахування втрат електроенергії в колах заряду СК. Не проводились також дослідження коливального заряду СК від АБ при ненульових початкових умовах по напрузі на клеммах СК.

З метою дослідження оптимальних режимів роботи системи електроживлення ЕМ було проведено аналіз енергетичних характеристик в процесі коливального заряду СК від АБ при ненульових початкових умовах по напрузі на клеммах СК, в діапазоні  $-U_{AB} < U_{0СК} < +U_{AB}$ . При дослідженні початкові і кінцеві умови для струму в контурі заряду були однакові:  $i(t)=0$ . Проведено аналіз частини енергії, яка поступає в СК; частини енергії, яка відбирається від АБ; енергії втрат в колі заряду СК і коефіцієнта передачі енергії від АБ при заряді від АБ. Досліджено точки:  $-U_H, -0,9 \cdot U_H, +U_H$ .

При коливальному заряді СК від АБ коефіцієнт передачі енергії від АБ  $\eta_{СК}$  нелінійно змінюється в межах від мінімальних значень, при початковій напрузі на клеммах  $U_{0СК} = -U_H$ , до максимальних, при початковій напрузі на клеммах  $U_{0СК}$  близькій до  $U_H$ . Відповідно до проведеного дослідження, визначено, що чим вищим буде значення добротності зарядного контуру СК  $Q(U_H)$ , тим більшим буде значення коефіцієнту передачі енергії від АБ  $\eta_{СК}$ .

### Література

1. Білецький О. О. Енергетичні процеси в колах заряду суперконденсаторів зі змінними початковими напругами : дис. канд. техн. наук : 05.09.05 / Білецький Олег Олександрович – Київ, 2016. – 195 с.
2. Burke A. Present and future supercapacitors: technology and applications / A. Burke. — Santa Clara, California : 2014.
3. Білецький О. О. Енергетичні характеристики кіл аперіодичного заряду суперконденсаторів від акумуляторних батарей / О.О. Білецький, Н.І. Супруновська, А.А. Щерба // Вісник НТУ “ХПІ”. 2015. – №12 (1121). – С. 379-383.

**А. О. Семенов, С. М. Ковальчук, В. І. Коломийчук, О. В. Шевчук**  
(Україна, Вінниця, Вінницький національний технічний університет)

## ХАОТИЧНА ДИНАМІКА НЕАВТНОМНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ ДРУГОГО ПОРЯДКУ З НЕЛІНІЙНОЮ ІНДУКТИВНІСТЮ

**Анотація.** Об'єктом даного дослідження є стаціонарні та хаотичні коливання в електричному колі другого порядку з нелінійною індуктивністю.

**Ключові слова:** нелінійна індуктивність, хаос, біфуркаційна діаграма, динамічний режим.

**Abstract.** The object of this study is stationary and chaotic oscillations in a second order of the electric circuit with a nonlinear inductor.

**Keywords:** nonlinear inductor, chaos, bifurcation diagram, dynamic mode.

Простим електричним колом другого порядку є паралельний коливальний контур на рис. 1. Як нелінійна індуктивність застосовується котушка з феромагнітним осердям, характеристика якого описується рівнянням [1]

$$i = a_1\psi + a_3\psi^3. \quad (1)$$

де  $\psi$  - магнітний потік в осерді,  $a_1, a_3$  - коефіцієнти, які визначаються осердям.

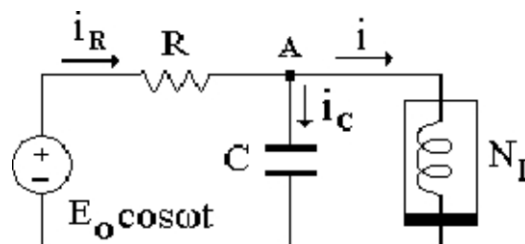


Рисунок 1 – Схема неавтономного електричного кола другого порядку з нелінійною індуктивністю [1]

Рівняння рівноваги кола [1]

$$\frac{d^2\psi}{dt^2} + \frac{1}{RC} \frac{d\psi}{dt} + \frac{a_1}{C}\psi + \frac{a_3}{C}\psi^3 = \frac{E_0}{R} \cos \omega t. \quad (2)$$

Рівняння (1) у нормованих змінних

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \varepsilon \frac{dx}{dt} + ax + bx^3 = B \cos \omega t, \quad (3)$$

де  $\varepsilon = \frac{1}{RC}$ ,  $a = \frac{a_1}{C}$ ,  $b = \frac{a_3}{C}$ ,  $B = \frac{E_0}{RC}$ .

Методом розділення змінних у (3) отримано систему нелінійних диференціальних рівнянь виду

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} = -\varepsilon x_2 - ax_1 - bx_1^3 + B \cos \omega t \end{cases}, \quad (4)$$

де  $x_1 = \psi$ ,  $x_2 = u_L$ .

На рис. 2 подана біфуркаційна діаграма [1], а на рис. 2 – карта динамічних режимів [2] та її збільшений фрагмент [2] динамічної системи (4).

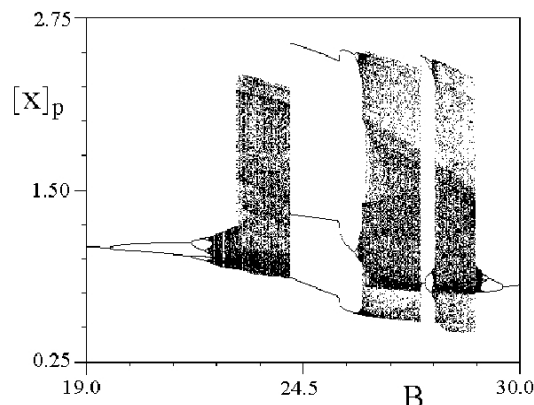


Рисунок 2 – Біфуркаційна діаграма динамічної системи (4) за умови  $\omega = 0.8$ ,  $\varepsilon = 0.18$ ,  $b = 1.0$  [1]

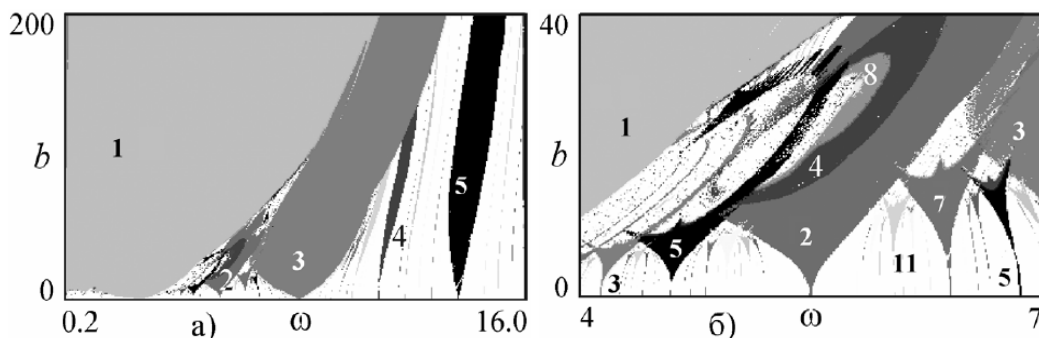


Рисунок 3 – Карта динамічних режимів (а) та її збільшений фрагмент (б) динамічної системи (4)

### Література

1. I.M. Kuprianidis. Control of Chaotic Dynamics by Linear Resistive Coupling / I.M. Kuprianidis, C.H. Volos, I.N. Stouboulos // In Proc. 9th WSEAS International CSCC Multiconference on Circuits and Systems (ICCS 2005), July 2005, Vouliagmeni, Greece. – P. 1-5.

2. Синхронизация в задачах: Учебно-научное издание / [Кузнецов А.П., Емельянова Ю.П., Сатаев И.Р., Тюрюкина Л.В.]. – Саратов: ООО Издательский центр «Наука», 2010. – 256 с.

**А. О. Семенов, А. В. Чернявський, Є. І. Шевчук**  
(Україна, Вінниця, Вінницький національний технічний університет)

## ХАОТИЧНА ДИНАМІКА НЕАВТНОМНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ ДРУГОГО ПОРЯДКУ З НЕЛІНІЙНОЮ ЄМНІСТЮ

**Анотація.** Об'єктом даного дослідження є стаціонарні та хаотичні коливання в електричному колі другого порядку з нелінійною ємністю.

**Ключові слова:** нелінійна ємність, хаос, біфуркаційна діаграма, фазовий портрет.

**Abstract.** The object of this study is stationary and chaotic oscillations in a second order of the electric circuit with a nonlinear capacity.

**Keywords:** nonlinear capacity, chaos, bifurcation diagram, phase portrait.

Простим електричним колом другого порядку є послідовний коливальний контур (рис. 1). Як нелінійна ємність застосовується варикап, вольт-кулона характеристика якого описується рівнянням [1]

$$Q(u_c) = -k\sqrt{U_0 - u_c}. \quad (1)$$

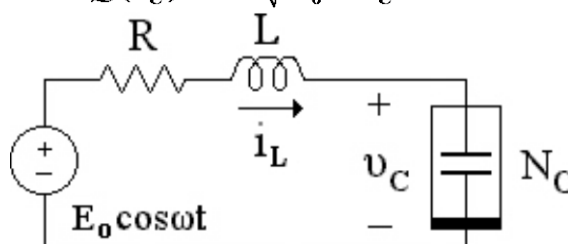


Рисунок 1 – Схема неавтономного електричного кола другого порядку з нелінійною ємністю [1]

Якщо  $u_c < U_0$  тоді варикап працює як нелінійна ємність, коли  $u_c > U_0$  тоді варикап працює як нелінійний опір. Динамічні процеси в електричному колі описується диференціальним рівнянням другого порядку відносно нормованих змінних [1]

$$\frac{d^2 q}{d\tau^2} + r \frac{dq}{d\tau} + (e^q - 1) = B \cdot \cos \omega_N \tau, \quad (2)$$

де  $q = \frac{Q}{C_0} U_0$ ,  $\tau = t \sqrt{\frac{1}{C_0 L}}$ ,  $r = R \sqrt{\frac{C_0}{L}}$ ,  $B = \frac{E_0}{U_0}$ ,  $\omega_N = \omega \sqrt{C_0 L}$ ,  $\omega = 2\pi f$ .

Біфуркаційні діаграми динамічної системи (2) мають вигляд рис. 2 [1]. На рис. 3 подані часові діаграми коливань та фазові портрети електричного

кола другого порядку з нелінійною ємністю в стаціонарному (а) та хаотичному (б) режимах [1].

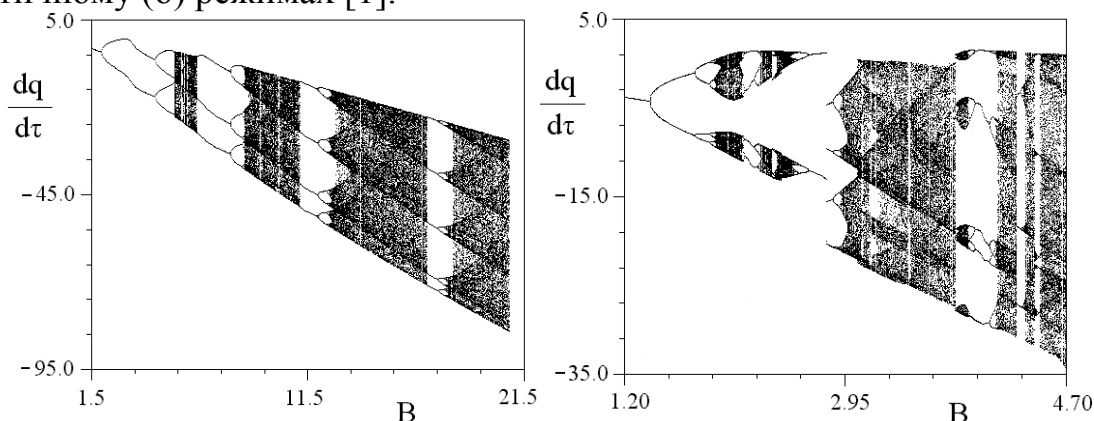


Рисунок 2 – Біфуркаційні діаграми при різних параметрах динамічної системи (2): а)  $r = 0.4, f = 0.16, B = 1.5$ ; б)  $r = 0.2, f = 0.1587, B = 1.5$

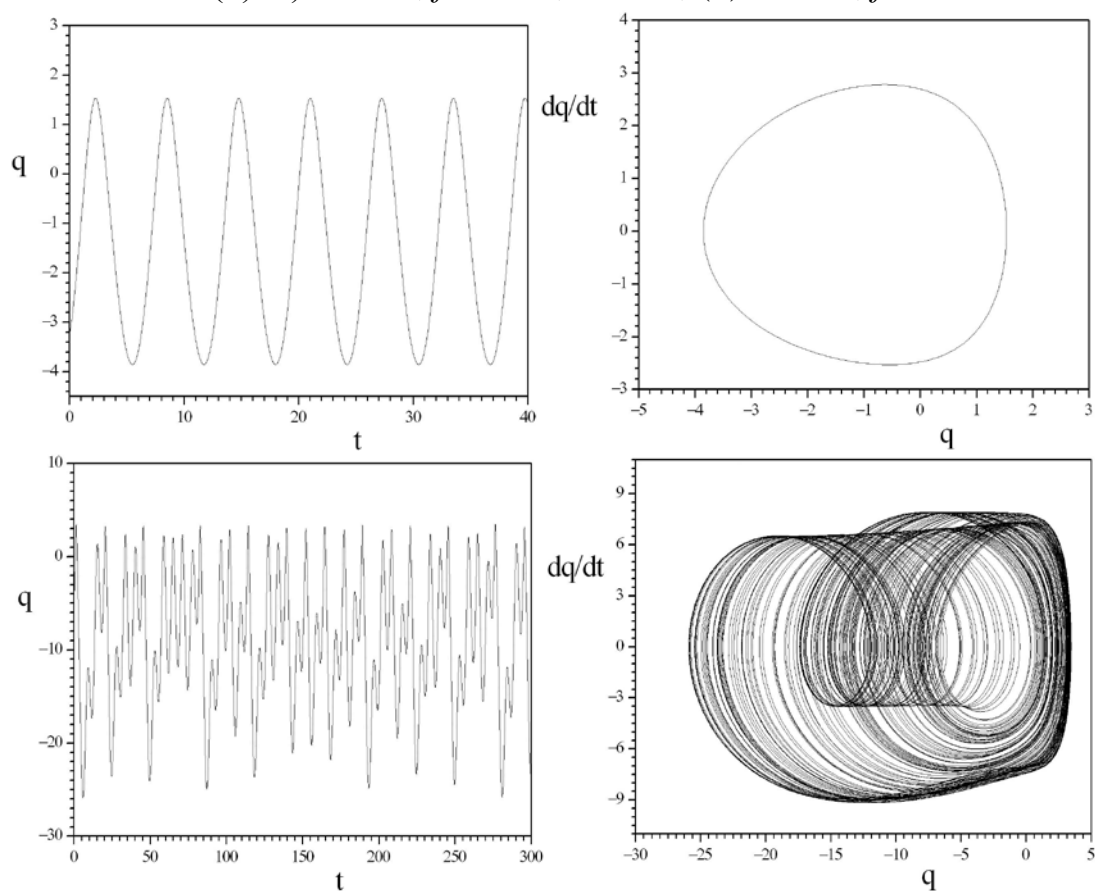
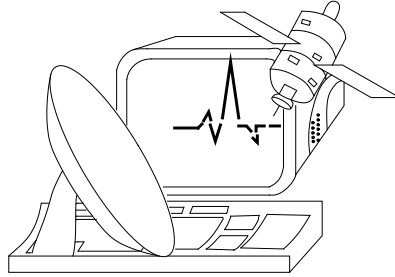


Рисунок 3 – Часові діаграми коливань та фазові портрети електричного кола другого порядку з нелінійною ємністю в режимах: а) стаціонарному при  $r = 0.4; f = 0.16; B = 1.5$ ; б) хаотичному при  $r = 0.4; f = 0.16; B = 6.0$

### Література

1. Maaita Tzamal-Odyseas. Energy transfer and dissipation in nonlinear oscillators / A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy. Department of Physics School of Sciences Aristotle University of Thessaloniki. March, 2014. – 154 p.





СПРТП-2017

**Секція 2.**  
**Математичне моделювання в радіоелектроніці та телекомунікаціях**

**Й.Й. Білінський, К.В. Огородник, О.О. Лазарєв, А.В. Столяр**  
(Україна, Вінниця, Вінницький національний технічний університет)

## **ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ УЛЬТРАЗВУКОВОГО РЕЗОНАНСНОГО МЕТОДУ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РІДКИХ ТА ГАЗОПОДІБНИХ СЕРЕДОВИЩ**

**Анотація.** Наведено розроблену математичну модель ультразвукового резонансного методу вимірювання параметрів середовищ, показано результати моделювання на її основі та експериментальні дані.

**Ключові слова:** резонансний метод, ультразвук, вимірювання, модель.

**Abstract.** The developed mathematical model of ultrasonic resonance method of measuring parameters of environments is presented, results of simulation on its basis and experimental data are shown.

**Keywords:** resonance method, ultrasound, measurement, model.

Ультразвукові вимірювачі базуються на залежності характеристик ультразвукових коливань від властивостей і складу середовища, в якому поширюється ультразвук. Основною перевагою ультразвукових вимірювань є неруйнівний контроль, швидкодія, вартість, безпечність [1].

Резонансний метод базується на дослідженні параметрів та характеристик стоячих акустичних хвиль, що виникають в середовищі внаслідок інтерференції. В системі виникає резонанс за умови [2]:

$$L = n\lambda/2,$$

де  $L$  – відстань між приймачем та випромінювачем,  $n$  – ціле число,  $\lambda$  – довжина акустичної хвилі в середовищі, що досліджується.

Так як довжина хвилі залежить від частоти  $f$  та швидкості  $v$  звуку в даному середовищі ( $\lambda = v/f$ ), а швидкість  $v$  залежить від таких параметрів середовища, як пружність та густина, то, подаючи сигнали різних частот та реєструючи частоту резонансу можна визначати параметри середовища.

Амплітуда сигналу в площині приймача визначається виразом:

$$A(L, t) = A_{\text{п}}(L, t) + A_{\text{Е1}}(L, t) + A_{\text{Е2}}(L, t) + A_{\text{Е3}}(L, t) + \dots + A_{\text{Еk}}(L, t),$$

де  $A_{\text{п}}(L, t)$  – амплітуда падаючої акустичної хвилі,  $A_{\text{Е1}}(L, t)$ ,  $A_{\text{Е2}}(L, t)$ ,  $A_{\text{Еk}}(L, t)$  – амплітуди, відповідно, першої, другої та  $k$ -тої відбитої хвиль. Амплітуда падаючої хвилі визначається виразом  $A_{\text{п}}(L, t) = A_0 \sin(2\pi ft)$ . Амплітуда відбитої хвилі буде визначатися виразом

$A_{Bk}(L, t) = R^{2k} A_0 e^{-\delta 2kL} \sin[2\pi f \left( \left( \frac{-2kL}{v} \right) + t \right)]$ , де  $R$  – коефіцієнт відбиття,  $\delta$  – коефіцієнт затухання хвилі в середовищі.

Проведено моделювання розробленої математичної моделі та експериментальну перевірку її адекватності. Визначено частоти резонансів для фіксованої відстані випромінювач-приймач та відстані, при яких спостерігається резонанс при фіксованій частоті (параметри середовища - повітря, температура 20°C, швидкість звуку 343м/с, атм. тиск 1атм. Так як ультразвук сильно затухає в повітрі та внаслідок неповного відбиття (коэф. 0,9) при моделюванні обмежимося лише десятою відбитою хвилею. При цьому вираз математичної моделі для моделювання має вигляд:

$$A(L, t) = \sum_{k=0}^{10} R^{2k} A_0 e^{-\delta 2kL} \sin[2\pi f \left( \left( \frac{-2kL}{v} \right) + t \right)].$$

На рис. 1 наведена залежність амплітуди сигналу на приймачі для відстані між передавачем-приймачем 25-35мм для частоти 200кГц. Квадратами показані результати експериментальних досліджень. При врахуванні меншої кількості відбитих хвиль графік має спотворення.

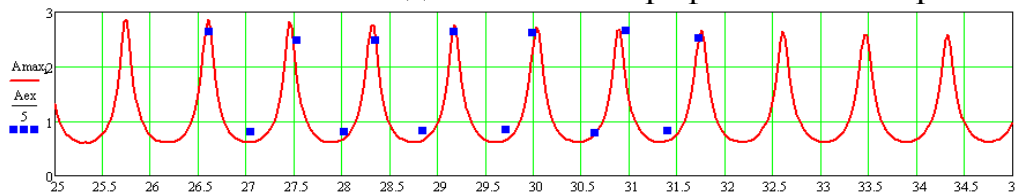


Рисунок 1 – Амплітуда сигналу на приймачі для відстані 25-35 мм

На рис. 2 наведена залежність амплітуди сигналу на приймачі для частот сигналу 170-250кГц при відстані передавач-приймач 35,85 мм.

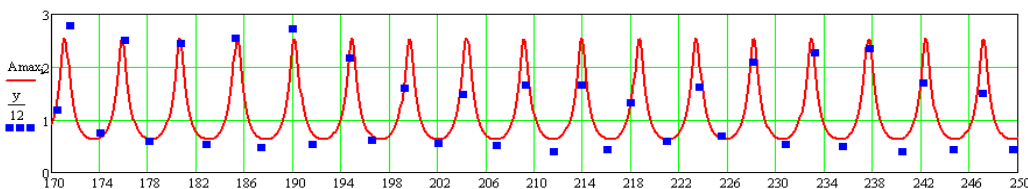


Рисунок 2 – Амплітуда сигналу на приймачі для частот 170-250 кГц

Результати моделювання мають високу збіжність з результатами експериментальних досліджень, що підтверджує адекватність математичної моделі та можливість розробки на її основі нових методів ультразвукового контролю параметрів речовин та матеріалів.

### Література

1. Неразрушающий контроль: Справочник в 7-ми томах. Под общ. ред. В.В. Клюева. Т.3. Ультразвуковой контроль / И.Н. Ермолов, Ю.В. Ланге. – М.: Машиностроение, 2004. – 864 с.
2. Акимов В.В. Применение ультразвукового резонансного метода для определения упругих и пластических характеристик сплавов TiC-TiNi // В.В. Акимов, Н.А. Иванов / Прикладная механика и техническая физика. – Новосибирск, 2002. – № 2(252). – С. 203-207.

**Н. В. Захарченко, Д. В. Голев, А. В. Толкачев, В. Е. Басов,  
Е. А. Севастеев**

(Украина, Одесса, Одесская национальная академия связи им. А.С.Попова)

## СИНТЕЗ АНСАМБЛЕЙ ТСК В ДВОИЧНОМ КАНАЛЕ С ЭНТРОПИЕЙ ПРЕВЫШАЮЩЕГО ДЛИТЕЛЬНОСТЬ КОДОВОГО СЛОВА

**Анотація.** В работе проведен анализ методов формирования в двоичном канале кодовых конструкций с информационной емкостью найквистового элемента больше единицы.

**Ключові слова:** энтропия, найквистовый элемент, информационная емкость, таймерная сигнальная конструкция

**Abstract.** The analysis of formation methods of code constructions was conducted in a binary channel with information capacity of a Nyquist element greater than unit.

**Keywords:** entropy, Nyquist interval, information capacity, timer signal construction

В таймерных сигнальных конструкциях (ТСК) информация содержится [1] в нескольких информационных отрезках, удовлетворяющих условию

$$\tau_{ci} = t_0 + z\Delta \quad \Delta = \frac{t_0}{S} \quad S; z - \text{целые числа} \quad (1)$$

где  $\Delta$  – минимальное значение изменения длины отрезков, обеспечивающее различие их при данных параметрах помех в канале [1].

Общее количество реализаций  $N_{PT}$  при заданных «m», «S» и «i» определяется выражением [1]

$$N_{PT} = \frac{[mS - i(S-1)]!}{i!(mS - iS)!} \quad (2)$$

Количество информации ( $H$ ), передаваемое на одном найквистовом интервале  $T_c = mt_0$  определяется через  $\log_2 N_{PT}$

$$I_H = \frac{\log_2 N_p}{m} = \frac{1}{m} \cdot \frac{[mS - i(S-1)]!}{i!(mS - iS)!} \quad (3)$$

В таблице 1 приведены значения энтропии ( $H$ ) при  $m \in 3 \div 10$  для  $S = 7$  и значения  $I_H$ , рассчитанное по формуле (3).

### Вывод

Анализ таблицы 1 показывает:

1. При каждом значении  $i$  для  $m \in 3 \div 10$  значение  $m_M$  с максимальным значением  $I_H$  и  $\sum N_p$  увеличивается.
2. Суммарные значения  $\sum H$  и  $\sum I_H$  также увеличиваются с ростом  $m$ .

3. Повышение информационной емкости найквистового элемента при постоянном значении длины кодового слова возможно только за счет создания ансамблей с различным числом значений информационных отрезков при  $m = const$ .

Таблица 1. – Информационные параметры «H» и  $I_H$  при  $s = 7$ ;  $m \in 3 \div 10$

$m$	3		4		5		6	
$i$	$N_{PT}/H$	$I_H$	$N_{PT}/H$	$I_H$	$N_{PT}/H$	$I_H$	$N_{PT}/H$	$I_H$
1	15/3,9	1,302	22/4,4	1,115	29/4,8	0,972	36/5,1	0,862
2	36/5,1	1,723	120/6,9	1,727	253/7,9	1,597	435/8,7	1,461
3	1/0	0	120/6,9	1,727	680/9,4	1,882	2024/10,9	1,831
4	–	–	1/0	0	330/8,3	1,673	3060/11,5	1,93
5	–	–	–	–	1/0	0	792/9,6	1,605
6	–	–	–	–	–	–	1/0	0
7	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	–	–	–	–	–	–	–
9	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	–	–	–	–	–	–	–
$\Sigma N_{Pi}$	52		263		1293		6348	
$\Sigma H$	9,077		18,273		30,616		46,126	
$\Sigma I_H$		3,025		4,568		6,123		7,688

Окончание таблицы 1

$m$	7		8		9		10	
$i$	$N_{PT}/H$	$I_H$	$N_{PT}/H$	$I_H$	$N_{PT}/H$	$I_H$	$N_{PT}/H$	$I_H$
1	43/5,4	0,77	50/5,6	0,706	57/5,8	0,648	64/6	0,6
2	666/9,3	1,34	946/9,8	1,236	1275/10,3	1,146	1653/10,6	1,069
3	4495/12,1	1,73	8436/13,1	1,63	14190/13,7	1,533	22100/14,4	1,443
4	12650/13,6	1,94	35960/15,1	1,892	82251/16,3	1,814	163185/17,3	1,732
5	11628/13,5	1,92	65780/16,1	2,001	237336/17,8	1,984	658008/19,3	1,933
6	1716/10,7	1,53	38760/15,2	1,905	296010/18,1	2,019	1344904/20,3	2,036
7	1/0	0	3432/11,7	1,468	116280/16,8	1,87	1184040/20,1	2,018
8	–	–	1/0	0	6435/12,6	1,406	319770/18,2	1,829
9	–	–	–	–	1/0	0	11440/13,4	1,348
10	–	–	–	–	–	–	1/0	0
$\Sigma N_{Pi}$	31198		153365		753835		3705165	
$\Sigma H$	64,816		86,698		111,781		140,07	
$\Sigma I_H$		9,25		10,838		12,42		14,008

## Литература

1. Эффективность двухсимвольных ансамблей в симплексных системах на базе корректирующих таймерных сигнальных конструкций / Н.В. Захарченко, В.Й. Кильдишев, Д.В. Голев, А.В. Толкачев // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах: зб. наук праць – 2017. – № 1. – С. 215-218

2. Захарченко М.В. Ефективність використання ТСК в спільному просторі прийомопередачі на прикладі Ethernet технології з підвищенням захищеності передачі даних / М.В. Захарченко, С.П. Шнайдер // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах: зб. наук праць – 2017. – № 2. – С. 183-186

**О. О. Семенова, М.Р. Ковалик**

(Україна, Вінниця, Вінницький національний технічний університет)

## **МАРШРУТИЗАЦІЯ У ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ**

**Анотація.** Об'єктом даного дослідження є нечіткий контролер, призначений для використання в телекомунікаційних мережах для поліпшення процесу маршрутизації.

**Ключові слова:** нечіткий, телекомунікації, маршрутизація.

**Abstract.** The object of this study is a fuzzy-controller for improving the routing process in telecommunication networks.

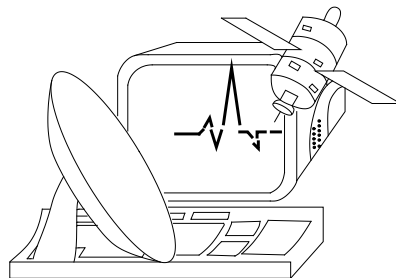
**Keywords:** fuzzy, telecommunication, routing.

В наш час телекомунікаційні мережі надають все більше послуг передачі мультимедійних і мобільних даних. Оскільки мережі стають все більш складними і містять велику кількість пристроїв, то для ефективної передачі даних по мережі необхідно застосовувати сучасні протоколи маршрутизації. Також мережі повинні функціонувати при різних умовах. Крім того, топологія телекомунікаційної мережі може швидко змінюватися, що необхідно враховувати при розробленні алгоритмів ефективної маршрутизації. Ефективність схеми вибору маршруту може бути поліпшена при використанні сучасних інтелектуальних технологій, що дозволить вибирати найбільш оптимальний маршрут [1-2]. Інтелектуальні технології – нечітка логіка, нейронні мережі, генетичні алгоритми – замінили традиційні в багатьох інженерних додатках, особливо в системах контролю, та довели свою ефективність. Нечіткі логічні системи дозволяють робити логічні висновки в умовах неточності на основі людського досвіду. Таким чином, нечітка логіка може бути використана в тих випадках, коли інформація є невизначеною, а мережа – динамічною.

Таким чином, метою даного дослідження є підвищення ефективності маршрутизації в телекомунікаційних мережах за рахунок використання апарату нечіткої логіки.

### **Література**

1. Atayero A. A. Applications of Soft Computing in Mobile and Wireless Communications / Atayero A. A., Luka M. K. // International Journal of Computer Applications. – Vol. 45. – №. 22. – 2012. – Pp. 48-54.
2. Kojic, N. New Algorithm for Packet Routing in Mobile Ad-hoc Networks / N. S. Kojic, M. B. Z. Ivancic, I. S. Reljin, B. D. Reljin // Journal of automatic control. University of Belgrade. – Vol.20. – 2010. – Pp. 9-16.



**СПРТП-2017**

**Секція 3.  
Обробка сигналів і зображень в радіоелектронних та  
телекомунікаційних системах**



**Й. Й. Білинський, О. С. Городецька, М. В. Гладішевський,  
Я. В. Яхимович**

(Україна, Вінниця, Вінницький національний технічний університет)

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЧАСТОТНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО СИГНАЛУ В СИСТЕМІ ПРИЙМАЧ – ПЕРЕДАВАЧ В МЕЖАХ БЛИЖНЬОЇ ЗОНИ**

**Анотація.** Об'єктом даного дослідження є процес розповсюдження акустичних хвиль ультразвукового діапазону в системі приймач – передавач, що знаходиться в нерухомому і плинному стані, отримання та встановлення залежності частотної характеристики від відстані між приймачем і передавачем, швидкості потоку та температурної залежності.

**Ключові слова:** ультразвуковий сигнал, амплітудно частотна характеристика, ближня зона.

**Abstract.** The object of this study is the process of expanding of ultrasonic acoustic waves in the receiver-transmitter system that is in a stationary and current state, obtaining and establishing the dependence of the frequency response on the distance between the receiver and the transmitter, the flow velocity and the temperature dependence.

**Keywords:** ultrasonic signal, amplitude frequency response, short-range zone.

На сьогодні можливості акустичних методів вимірювання надзвичайно широкі та ще далеко не до кінця реалізовані. Основною перевагою ультразвукового вимірювання є те, що воно не руйнує і не пошкоджує досліджуваний зразок, а також дає змогу здійснювати контроль виробів з різних матеріалів. Крім того, варто відзначити такі переваги цього методу, як високу швидкість за низької вартості, високий рівень безпеки для людини та мобільність [1-3].

У роботі проведено дослідження особливостей розповсюдження акустичних хвиль ультразвукового діапазону в системі приймач – передавач, що знаходиться в нерухомому і плинному стані. Здійснювалось випромінювання ультразвукових коливань за потоком або проти потоку досліджуваного середовища, прийом коливань, що пройшли через середовище, з перетворенням в електричні сигнали [4-5]. При цьому приймач та передавач ультразвукового сигналу розташовувались на різних твірних трубопроводу, по якому протікає досліджуване середовище.

Дослідження встановили характер АЧХ залежно від відстані між приймачем і передавачем, температурну залежність, залежність від швидкості потоку.

З аналізу проведених досліджень видно, що при зміні відстані між приймачем та передавачем відбувається зміщення АЧХ, а саме, при збільшенні відстані частота зростає, а при зменшенні – спадає. Також встановлено, що при збільшенні відстані, яка перевищує розміри ближньої зони в декілька разів резонансні явища АЧХ затухають. Залежність частоти, при якій спостерігається максимальне значення амплітуди, від температури носить лінійний характер і при зростанні температури частота зростає.

### Література

1. Thompson, E. Fundamentals of multipath ultrasonic flow meters for gas measurement [Electronic resource] / Eric Thompson // American School of Gas Measurement Technology. – 2011. – Available at: \www/URL: <http://asgmt.com/wp-content/uploads/pdf-docs/2011/1/F05.pdf>.

2. Taishi T, Kikura H, Aritomi M (2002) Effect of the measurement volume in turbulent pipe flow measurement by the ultrasonic velocity profile method. *Exp Fluids*, 2002. – P.188–196.

3. Электротехинфо. [Електронний ресурс]: Ультразвуковые расходомеры. Устройство, принцип действия, типы и виды ультразвуковых расходомеров. – Режим доступа: [http://www.eti.su/articles/izmeritelnayatehnika/izmeritelnaya-tehnika\\_529.html](http://www.eti.su/articles/izmeritelnayatehnika/izmeritelnaya-tehnika_529.html).

4. Білінський Й. Й. Аналіз ультразвукових засобів вимірювального контролю витрати плинних середовищ / Й.Й. Білінський, М.В. Гладішевський // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2016. – №2(25). – С. 23-29.

5. Білінський Й.Й. Розробка ультразвукового методу вимірювання швидкості плинних середовищ / Й.Й. Білінський, М.В. Гладішевський // Технологический аудит и резервы производства – 2015. – № 4/1(24). – С. 19–25.

Наукове видання

**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ,  
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ ТА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ  
(СПРТП-2017)**

**Матеріали VI Міжнародної  
науково-технічної конференції  
м. Вінниця, 28-30 вересня 2017 р.**

Матеріали опубліковані в авторській редакції

Підписано до друку 19.09.2017 р.  
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.  
Гарнітура Times New Roman.  
Друк різнографічний. Ум. др. арк. 9,72  
Наклад 70 прим. Зам № 2017-342

Вінницький національний технічний університет,  
ІРВЦ ВНТУ,  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,  
ВНТУ, ГНК, к. 114.  
Тел. (0432) 59-85-32.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті,  
в інформаційному редакційно-видавничому центрі,  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,  
ВНТУ, ГНК, к. 114.  
Тел. (0432) 59-81-59.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.