

**BULLETIN 2'2013
ENGINEERING
ACADEMY
OF UKRAINE**



2' 2013

ВІСНИК

**ІНЖЕНЕРНОЇ
АКАДЕМІЇ
УКРАЇНИ**

ТЕОРЕТИЧНИЙ І НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ
ІНЖЕНЕРНОЇ АКАДЕМІЇ УКРАЇНИ

THEORETICAL AND APPLIED SCIENCE JOURNAL
ENGINEERING ACADEMY OF UKRAINE



В І С Н И К

ІНЖЕНЕРНОЇ АКАДЕМІЇ УКРАЇНИ

ВИПУСК 2

***BULLETIN OF ENGINEERING
ACADEMY OF UKRAINE***

Issue 2

Київ 2013 Kyiv

ТЕОРЕТИЧНИЙ І НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ ІНЖЕНЕРНОЇ АКАДЕМІЇ УКРАЇНИ

THEORETICAL AND APPLIED SCIENCE JOURNAL ENGINEERING ACADEMY OF UKRAINE

**Журнал друкує статті науковців вузів та установ
України, інших країн відповідно до рубрик:**

Авіаційна й космічна техніка
Військово-технічні проблеми
Геологія, видобування та переробка корисних
копалин
Інженерні проблеми агропромислового комплексу
Інформаційні системи, обчислювальна й електронна
техніка, системи зв'язку та приладобудування
Комунікації (транспортні системи та ін.)
Матеріалознавство
Машинобудування
Медична інженерія
Металургія
Нафтогазові технології
Охорона навколишнього середовища (інженерна
екологія) і ресурсозбереження
Стандартизація, метрологія і сертифікація
Будівництво і будіндустрія
Технологія легкої промисловості
Технологія харчової промисловості
Хімічні технології й інженерна біотехнологія
Економіка, право та керування в інженерній діяльності
Енергетика

Матеріали друкуються українською, російською або
англійською мовами.

Номер затверджено на засіданні Вченої ради
Кіровоградського національного технічного
університету

Протокол № 9 від 18.04.2013 р.
Вісник Інженерної академії України включений у
новий Перелік наукових фахових видань України, в
яких можуть публікуватися результати дисертаційних
робіт на здобуття наукових ступенів доктора і
кандидата наук в галузі технічних наук (Постанова
президії ВАК України від 14.04.2010 р. № 1-05/3)

Співзасновники:
Кіровоградський національний технічний
університет
Інженерна академія України
Університет внутрішніх справ

**Journal submits articles of researchers of universities
and institutions of Ukraine and other countries in
accordance with headings:**

Aviation and Space Engineering
Military and Engineering Problems
Geology, Mining and Processing of Minerals
Engineering Problems of Agroindustrial Complex
Information Systems, Computer and Electronic
Engineering, Communication Systems and Instrument
Engineering
Communications (Transport Networks and others)
Material Science
Mechanical Engineering
Medical Engineering
Metallurgy
Oil-and-Gas Technologies
Preservation of Environment (Ecological Engineering)
and Resource Saving
Standardisation, Metrology and Certification
Building and Construction Engineering
Technology of Light Industry
Technology of Food Industry
Chemical Technologies and Engineering Biotechnology
Economics, Law and Management in Engineering
Power Engineering

Materials are submitted in Ukrainian, Russian or English
languages.

The issue is approved at the meeting of Academic
Council of Kirovograd National Technical University

Protocol No. 9 dated 18.04.2013
Bulletin of Engineering academy of Ukraine is included
into the new List of Scientific special editions of
Ukraine, in which results of dissertation works may be
published for to be conferred with academic degrees of
doctor and candidate of sciences in the field of
engineering sciences (Decree of presidium of the
Ukraine HCC No. 1-05/3 dated 14.04.2010)

Cofounders:
Kirovograd National Technical University

Engineering Academy of Ukraine
University of Internal Affairs

ISBN 5-7763-8361-7

Редакційна колегія:

Головний редактор – д.т.н., проф. **В.П. Квасніков**
Відповідальний секретар – к.т.н. **В.І. Савченко**,
Редактори – **Г.В. Заїка, М.С. Антошків**

Члени редколегії:

А.І. Бабушкін - д.т.н., проф. (авіаційна і космічна техніка),
Л.Р. Вишняков – д.т.н. (матеріалознавство)
Р.Б. Гевко - д.т.н., проф. (машинобудування),
М.М. Гіроль - д.т.н., проф. (комунікації, транспортні системи та ін.),
А.М. Золотарьов - д.е.н., проф. (економіка, право і управління в інженерній справі),
Л.В. Коломієць – д.т.н., проф. (стандартизація, метрологія і сертифікація),
В.І. Литвиненко - д.х.н. (хімічні технології та інженерна біотехнологія),
А.П. Мельник - д.т.н., проф. (нафтогазові тех. і),
В.М. Мельник - д.т.н., проф. (геологія, добування та переробка корисних копалин),
Й.С. Мисак - д.т.н., проф. (енергетика),
Ф.М. Муравченко - член-кор. НАНУ, д.т.н., проф. (авіаційна і космічна техніка),
О.О. Панасенко - д.т.н., проф. (інформаційні системи, обчислювальна й електронна техніка, системи зв'язку та приладобудування),
О.К. Тришин - академік УААН, д.с/г.н., проф. (інженерні проблеми АПК),
В.М. Сало – д.т.н., проф. (інженерні проблеми АПК)
В.В. Соловей - д.т.н., проф. (охорона навколишнього середовища і ресурсозбереження),
В.І. Ступа - д.т.н., проф. (технологія легкої промисловості),
М.І. Хвистюк - д.м.н., проф. (медична інженерія),
М.І. Чернопол – член-кор. УААН, д.т.н., проф. (матеріалознавство),
В.В. Федоренко - д.м.н., проф. (інформаційні системи, обчислювальна й електронна техніка, системи зв'язку та приладобудування)
О.Л. Шагін - д.т.н., проф. (будівництво і будіндустрія),
Є.П. Шольц-Куліков - д.т.н., проф. (технологія харчової промисловості),
С.Л. Ярошевський - д.т.н., проф. (металургія)

Підписано до друку 23.04.2013р.

Ціна договірна

Адреса редакції: просп. Космонавта Комарова, 1,
корп. 11, кімн. 402, м. Київ, 03680, Україна
Тел.: +38(044)406-71-58
E-mail: kvp@nau.edu.ua

Editorial board:

Editor-in-chief – Dr. of Eng., Prof. **V.P. Kvasnikov**
Executive secretary – Cand. of Eng. **V.I. Savchenko**,
Editors – **A.V. Zayka, M.S. Antoshkiv**

Members of editorial board:

A.I. Babushkyn – Dr. of Eng., Prof. (Aviation and Space Engineering),
L.R. Vyshniakov - Dr. of Eng (Material Science)
R.B. Gevko – Dr. of Eng., Prof. (Mechanical Engineering),
M.M. Girol – Dr. of Eng., Prof. (Communications, Transport Networks and others),
A.M. Zolotaryov – Dr. of Econ., Prof. (Economics, Law and Management in Engineering),
L.V. Kolomiets – Dr. of Eng., Prof. (Standardisation, Metrology and Certification),
V.I. Lytyynenko – Dr. of Chem. (Chemical Technologies and Engineering Biotechnology),
A.P. Melnyk – Dr. of Eng., Prof. (Oil-and-Gas Technologies),
V.M. Melnyk – Dr. of Eng., Prof. (Geology, Mining and Processing of Minerals),
I.S. Mysak – Dr. of Eng., Prof. (Power Engineering),
F.M. Muravchenko – A corresponding-member of NAS, Dr. of Eng., Prof. (Aviation and Space Engineering),
O.O. Panasenko – Dr. of Eng., Prof. (Information Systems, Computer and Electronic Engineering, Communication Systems and Instrument Engineering),
O.K. Tryshyn – An Academician of UAAS, Dr. of Agr., Prof. (Engineering Problems of Agroindustrial Complex)
V.M. Salo - Dr. of Eng., Prof. (Engineering problems of agricultural Complex)
V.V. Solovey – Dr. of Eng., Prof. (Preservation of Environment (Ecological Engineering) and Resource Saving),
V.I. Stupa – Dr. of Eng., Prof. (Technology of Light Industry),
M.I. Khvysuk – Dr. of Med., Prof. (Medical Engineering),
M.I. Chernovol – A corresponding-member of UAAS, Dr. of Eng., Prof. (Material Science),
V.V. Fedorenko - Dr. of Eng., Prof. (Information Systems, Computer and Electronic Engineering, Communication Systems and Instrument Engineering)
O.L. Shagin – Dr. of Eng., Prof. (Building and Construction Engineering),
Ye.P. Sholts-Kulik – Dr. of Eng., Prof. (Technology of Food Industry),
S.L. Yaroshevsky – Dr. of Eng., Prof. (Metallurgy)

Signed for printing on 23.04.2013

Agreed price

Address of Editorial Staff: Cosmonaut Komarov St., 1,
build. 11, 402 room, Kyiv, 03680, Ukraine
Tel.: +38(044)406-71-58
E-mail: kvp@nau.edu.ua

Зміст

Авіаційна й космічна техніка

Безвесільна О.М., Киричук Ю.В. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНО-НАСТРОЮВАНОВОГО ГРАВІМЕТРА	7
Безвесільна О.М., Киричук Ю.В. ФІЛЬТРАЦІЯ ВИХІДНОГО СИГНАЛУ ГІРОСКОПІЧНОГО ГРАВІМЕТРА АВІАЦІЙНОЇ ГРАВІМЕТРИЧНОЇ СИСТЕМИ	12
Безвесільна О.М., Козько К.С. АПАРАТНО-ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ЄМНІСНОГО ГРАВІМЕТРА	15
Безвесільна О.М., Ткачук А.Г. ФІЗИЧНІ ПРИНЦИПИ РОБОТИ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНОГО ГРАВІМЕТРА АВІАЦІЙНОЇ ГРАВІМЕТРИЧНОЇ СИСТЕМИ	18
Безвесільна О.М., Чепюк Л.О. РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ЧУТЛИВОЇ СИСТЕМИ СТРУННОГО ГРАВІМЕТРА АВІАЦІЙНОЇ ГРАВІМЕТРИЧНОЇ СИСТЕМИ	22
Безвесільна О.М., Чепюк Л.О. СТРУННИЙ ГРАВІМЕТР АВІАЦІЙНОЇ ГРАВІМЕТРИЧНОЇ СИСТЕМИ	26
Ковбасюк С.В., Ракушев М.Ю., Каневський Л.Б. МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ РИЗИКУ ЗІТКНЕННЯ КОСМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ НА ОСНОВІ ЗАСТОСУВАННЯ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ	31
Павленко П.М., Трейтяк В.В., Ратушний П.М. АЛГОРИТМ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ЛІТАКА	36
Харченко В.П., Дворовенко С.В. СИНХРОНІЗАЦІЯ РОБОТИ ДВИГУНІВ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ТА ВИРІВНЮВАННЯ ЧАСТОТ ОБЕРТІВ ГВИНТІВ	41

Інженерні проблеми агропромислового комплексу

Дятлев В.А., Сухоруков А.Н., Горобей В.П., Линник Н.К. ОБОСНОВАНИЕ ДВУХКОЛОННОГО МНОГОКАНАЛЬНОГО СЕПАРАТОРА ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ПОДГОТОВКИ СЕМЕННОГО КОРИАНДРА	46
Поліщук В.В. ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА НА ЗРОШУВАНИХ ЗЕМЛЯХ	50

Інформаційні системи, обчислювальна й електронна техніка, системи зв'язку та приладобудування

Басараб О.К. МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ КОМПЛЕКСНОГО ІМОВІРНІСНОГО ПОКАЗНИКА ЕФЕКТИВНОСТІ ОПЕРАТИВНО- СЛУЖБОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА ОСНОВІ МОДЕЛЮВАННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ МЕРЕЖ	54
Васілевський О.М. ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ДИНАМІЧНОГО МОМЕНТУ РОТОРНИХ СИСТЕМ	57
Денисюк В.П., Негоденко О.В. ПРО ОДИН ЕФЕКТ, ЩО ВИНИКАЄ ПРИ РОЗВ'ЯЗАННІ КРАЙОВОЇ ЗАДАЧІ МЕТОДОМ КОЛЛОКАЦІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ ТРИГОНОМЕТРИЧНИХ МНОГОЧЛЕНІВ	61
Захарова М.В. МЕТОДИКА ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ ІС НА ОСНОВІ МОДЕЛІ АДАПТИВНОГО ЗАХИСТУ	35
Зенкін М.А., Кравченко Ю.С. ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ СВІТЛОВИХ ПАРАМЕТРІВ ДЖЕРЕЛ ОПТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ	69
Ільченко В.М. МЕТОДИ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ У КОМП'ЮТЕРИЗОВАНІЙ ЛАЗЕРНІЙ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІЙ СИСТЕМІ	73
Квасюк С.Л. СПЛАЙН-АПРОКСИМАЦІЯ ФУР'Є МОДЕЛІ ДОПЛЕРІВСЬКОГО СИГНАЛУ	76
Ключко О.М., Холявко І.В. НОВІ ПРИНЦИПИ РОЗРОБКИ ЕКРАНІВ ДЛЯ ТЕЛЕВІЗІЙНИХ СИСТЕМ	79
Ковальчук В.В. СПЕКТРАЛЬНО-ІНВЕРСИРОВАННИЙ ФОТОЕФЕКТ В ГЕТЕРОПЕРЕХОДЕ С НАНОКЛАСТЕРНОЇ ПОДСИСТЕМОЇ	84
Ковальчук В.В., Лісовенко Д.В., Панченко О.О., Роздайбеда В.А. ОПТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАНОСИСТЕМ: ДИПОЛЬНІ МОМЕНТИ НАНОКЛАСТЕРІВ	88
Лабжинський В.А., Гайдаржи В.І., Чорна В.П. АРХІТЕКТУРА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА У ПРОМЗОНІ ПІДПРИЄМСТВА	94
Луцький М.Г. ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ТА ПРОЕКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ МЕХАНІЧНИХ ВЕЛИЧИН	99
Мелешко Т.В., Сорокун А.Д. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕРЕЖЕВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ PLC	102
Овчаров Ю.В. ФАЗОВИЙ СПОСОБ РАСПОЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ С ЧАСТОТНОЇ ЗАВИСИМОСТЮ КОЕФІЦІЕНТІВ ОТРАЖЕННЯ	105

Охрименко А.А. ЭФФЕКТИВНАЯ ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ УМНОЖЕНИЯ ЦЕЛЫХ ЧИСЕЛ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ПЛАТФОРМ	108
Петренко А.Б. АНАЛІТИЧНІ МЕТОДИ КРИПТОАНАЛІЗУ БЛОКОВИХ ШИФРІВ	114
Примаєк О.І. АДАПТИВНА НЕЙРОМЕРЕЖЕВА ІНФОРМАЦІЙНО-УПРАВЛЯЮЧА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ОЧИСТКОЮ СТІЧНИХ ВОД	119
Приставка П.О., Колганова О.О. ДОСЛІДЖЕННЯ ДВОВИМІРНОГО УТОЧНЮЮЧОГО СПЛАЙНУ НА ОСНОВІ В-СПЛАЙНІВ ДРУГОГО ПОРЯДКУ У ЗАДАЧАХ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ	123
Стельмах А.У., Костюник Р.Е., Стельмах А.В., Бадир К.К., Софронов О.В. НОВЫЕ ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ГРАНИЧНЫХ СЛОЯХ ТРИБОСИСТЕМ	129
Титарчук А.О., Кочеткова О.В. ПРОЕКТУВАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ З ЕЛЕМЕНТАМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ	134
Фауре Э.В., Лисицына Е.С., Нестеренко Д.Ю. МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ СТОЙКОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ КОДОВЫХ ЗАМКОВ	137
Чуварьова А.В. МЕТОДИ АУТЕНТИФІКАЦІЇ В БЕЗДРОВОВИХ СИСТЕМАХ ТА МЕРЕЖАХ	142
Швель В.А., Швель О.В. ФОРМУВАННЯ ВАГОВИХ КОЕФІЦІЄНТІВ БЕЗ ОПОРНОГО СИГНАЛУ В АДАПТИВНИХ АНТЕННИХ РЕШІТКАХ СИСТЕМ GPS, ГАЛІЛЕО, ГЛОНАСС	147
Шепетюк Ю.С. МЕДИЧНА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ OLAP	150
Шутко М.О., Гуйда О.Г., Негода А.М. СПЛАЙН-АПРОКСИМАЦІЇ ЦИФРОВИХ ТЕЛЕВІЗІЙНИХ ЗОБРАЖЕНЬ	154
Шутко В.М., Ключко О. М. ЗАСТОСУВАННЯ ПРИНЦИПІВ НАНОБІОНІКИ ПРИ РОЗРОБЦІ НОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ДЛЯ ТЕЛЕВІЗІЙНИХ СИСТЕМ	157
Комунікації (транспортні системи та ін.)	
Аулін В.В., Замота О.М. ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ФОРМУВАННЯ СОБИВАРТОСТІ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПРИ РІЗНИХ СИСТЕМАХ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ	162
Аулін В.В., Слонь В.В., Лисенко С.В. ЕКСПРЕС-ОЦІНКА ВПЛИВУ МОТОРНИХ ОЛИВ І ПРИСАДОК ДО НИХ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗНОСУ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ ДВИГУНІВ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ	166
Данченко Я.В., Хмарук М.М., Демчук Т.П. РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ РОЗРАХУНКУ НАДІЙНОСТІ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ	171
Луцик О.А. ОЦІНКА СЕРЕДНЬОГО ЧАСУ ОЧІКУВАННЯ ПАСАЖИРАМИ НА СТАНЦІЯХ МІСЬКОГО ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ	174
Найш Н.М., Белецкий Ю.В., Малов А.В. СОВРЕМЕННЫЙ ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ	179
Павлюченко В.О., Герашенко З.М., Критович О.О. АНАЛІЗ ШЛЯХІВ УДОСКОНАЛЕННЯ УПРАВЛІННЯ ПОЇЗДОПОТОКАМИ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ	184
Прозоровська А.О. ПРОБЛЕМИ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА БАГАТОРІВНЕВИХ РОЗВ'ЯЗКАХ	187
Прозоровська А.О. АНАЛІЗ БАГАТОРІВНЕВИХ РОЗВ'ЯЗОК ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ МІСТА КИЄВА	190
Степанчук О.В. ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ В УКРАЇНІ	193
Чернецька-Білецька Н.Б., Белозорова В.В., Васецька Т.Ю. АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПАСАЖИРСЬКОГО КОМПЛЕКСУ У СУЧАСНИХ УМОВАХ	199
Матеріалознавство	
Аксенов А.Ф., Стельмах А.У., Костюник Р.Е. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ АДГЕЗИОННОГО ИЗНАШИВАНИЯ ТРИБОКОНТАКТА СКОЛЬЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ГРАНИЧНОЙ СМАЗКИ	202
Карускевич М.В. СТРУКТУРНО-ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ СЕНСОРЫ УСТАЛОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ	209
Королев А.А. СОСТАВ И ПРОТИВОКОРРОЗИОННЫЕ СВОЙСТВА ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО ИНГИБИТОРА ФЕС	213
Маслак Т. П. УДОСКОНАЛЕННЯ ОПТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ВТОМИ АЛЮМІНІСВИХ СПЛАВІВ ЗАСОБАМИ ФРАКТАЛЬНОЇ ГЕОМЕТРІЇ	217
Мисак Й.С., Івасик Я.Ф., Кравець Т.Ю., Якимів С.М., Лашковська Н.М., Заяць М.Ф. ОБРОБКА ДИМОВИХ ГАЗІВ, ЯК ЗАХИСТ МЕТАЛУ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИХ ПОВЕРХОНЬ НАГРІВУ КОТЛА ВІД КОРОЗІЇ	222
Філоненко С.Ф., Космач О.П. ЗАКОНОМІРНОСТІ АКУСТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ПРИ ЗМІНІ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ РЕЖИМІВ ПАРИ ТЕРТЯ З КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ	226
Шевченко О.І. ТЕПЛОФІЗИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЧАВУНІВ	232

Машинобудування

- Охрименко К.Я., Eichhorn K. (К.К. Охрименко), Манзора А.В.** 236
ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ПЕРЕКОСА НА ТОЧНОСТЬ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ
- Охрименко К.Я., Eichhorn K. (К.К. Охрименко), Манзора А.В.** 243
ВЛИЯНИЕ ЭКСЦЕНТРИСИТЕТА НА ТОЧНОСТЬ КОСОЗУБЫХ КОЛЁС ЭВОЛЬВЕНТНОГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ

Медицина інженерія

- Кучерук В.Ю., Рейда О.М., Волошина А.А., Дідич В.М.** 250
МЕТОД ВИМІРЮВАННЯ ВЕЛИЧИНИ рН КРОВІ З ВИКОРИСТАННЯМ КАТЕТЕРА ШВАНА-ГАНЦА

Стандартизація, метрологія і сертифікація

- Возняк О.М., Дрючин О.О., Коломійчук І.В., Тихонов В.К.** 254
ОПРАЦЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НЕПРЯМИХ ВИМІРЮВАНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ЛІНІЙНОЇ АПРОКСИМАЦІЇ

- Девін Л.М., Стахнів М.Є., Квасніков В.П.** 257
ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ

- Карпов Ю. О., Кацив С. Ш., Козловський А. В.** 262
РОЗШИРЕННЯ ОБЛАСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СИМВОЛІЧНОГО МЕТОДУ
РОЗРАХУНКУ ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ
НЕСТАНДАРТНОГО АНАЛІЗУ (ЧАСТИНА 2)

- Квасніков В.П., Зенкін М.А., Грозенко Я.В.** 266
ЗМЕНШЕННЯ ПОХИБОК ВИМІРЮВАНЬ У СУЧАСНИХ КООРДИНАТНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ

- Кухарчук В. В., Кацив С. Ш., Говор І. К., Биковський С. О.** 271
ІДЕНТИФІКАЦІЯ ЕЛЕКТРОДИНАМІЧНОЇ СКЛАДОВОЇ АМПЛІТУДНО-ЧАСТОТНО-ЧАСОВОГО СПЕКТРУ
ВІБРОСИГНАЛУ В РЕЖИМІ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ШТУЧНОЇ НЕЙРОПОДІБНОЇ МЕРЕЖІ

- Рудик А.В., Семенова О.О., Семенов А.О.** 276
АМПЛІТУДНО – ФАЗОВИЙ МЕТОД ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РЕЗОНАНСНИХ КОНТУРІВ

Будівництво і будіндустрія

- Лапенко О.І.** 282
НАПУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН І НЕСУЧА ЗДАТНІСТЬ СТАЛЕЗАЛЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА СТИСК
ПРИ НАЯВНОСТІ СКЛЕЮВАННЯ

- Лапенко О.І., Скребнєва С.М.** 286
РОЗРОБКА І ВПРОВАДЖЕННЯ «ПЕРВОЛІНУ» В СИСТЕМИ ТЕПЛОЗАХИСТУ БУДІВЕЛЬ

Економіка, право та керування в інженерній діяльності

- Зенкін М.А., Демиденко О.О.** 290
ФОРМУВАННЯ ТА РОЗВИТОК ІННОВАЦІЙНОЇ ОСВІТИ В УКРАЇНІ

- Осауленко І. А.** 294
ВИЗНАЧЕННЯ СТРАТЕГІЧНИХ ЦІЛЕЙ РЕГІОНАЛЬНОГО РОЗВИТКУ ЯК СКЛАДОВА ПРОЕКТНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

- Осауленко І. А.** 298
МЕХАНІЗМИ КООРДИНАЦІЇ В РЕГІОНАЛЬНИХ ПРОЕКТНО-ОРІЄНТОВАНИХ СТРУКТУРАХ

- Степура В.С.** 302
ВИЗНАЧЕННЯ ВАРІАНТУ БУДІВНИЦТВА ДОРІГ НА ОСНОВІ ПОРІВНЯЛЬНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Енергетика

- Брикайло Р.В.** 310
КОРОЗИЯ ЗОВНІШНІХ ПОВЕРХОНЬ НАГРІВАННЯ
ПИЛОВУГІЛЬНОГО КОТЛА І ШЛЯХИ БОРОТЬБИ З НЕЮ

УДК 621.3(075)

Ю. О. Карпов, д.т.н.

С. Ш. Каців, к.т.н.

А. В. Козловський, к.т.н.

**РОЗШИРЕННЯ ОБЛАСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СИМВОЛІЧНОГО МЕТОДУ
РОЗРАХУНКУ ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ
НЕСТАНДАРТНОГО АНАЛІЗУ (ЧАСТИНА 2)**

В першій частині роботи були розглянуті відносно прості електричні схеми, для яких застосування методів нестандартного аналізу не дає значного виграшу з точки зору складності розрахунків. Для схем, які будуть розглянуті далі, інші методи практично неконкурентноздатні.

Приклад 4. В колі постійного струму (рис. 4) визначити струми в усіх вітках.

Параметри схеми: $U = 100$ В, $r = 10$ Ом, $L_1 = 0.2$ Гн, $L_2 = 0.15$ Гн, $L_3 = 0.1$ Гн, $L_4 = 0.05$ Гн, $L_5 = 0.025$ Гн.

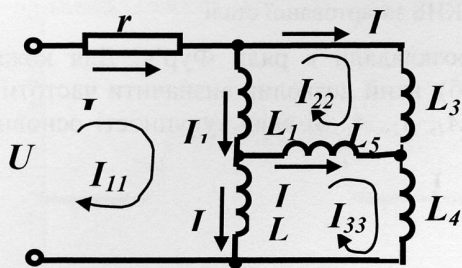


Рисунок 4

Проведемо цей розрахунок методом контурних струмів. За аналогією з попередніми прикладами (див. частину 1) очевидно, що вхідний опір цього кола теж дорівнює опору резистора, тобто $Z_{\text{вх}} \approx r$. З цього випливає, що контурний

струм першого контуру відомий $I_{11} = \frac{U}{r} = 10$ А,

а система рівнянь стане такою

$$I_{11} Z_{21} + I_{22} Z_{22} + I_{33} Z_{23} = 0,$$

$$I_{11} Z_{31} + I_{22} Z_{32} + I_{33} Z_{33} = 0.$$

Підставивши вирази для першого контурного струму, а також контурних та спільних опорів, отримаємо

$$\frac{U}{r}(-j\alpha L_1) + I_{22}(j\alpha L_1 + j\alpha L_3 + j\alpha L_5) + I_{33}(-j\alpha L_5) = 0,$$

$$\frac{U}{r}(-j\alpha L_2) + I_{22}(-j\alpha L_5) + I_{33}(j\alpha L_2 + j\alpha L_4 + j\alpha L_5) = 0.$$

Визначимо з першого рівняння третій контурний струм і підставимо його в друге рівняння.

$$I_{33} = \frac{\frac{U}{r}(-j\alpha L_1) + I_{22}(j\alpha L_1 + j\alpha L_3 + j\alpha L_5)}{j\alpha L_5} = \frac{I_{22}(L_1 + L_3 + L_5) - \frac{U}{r}L_1}{L_5} = I_{22} \frac{L_1 + L_3 + L_5}{L_5} - \frac{UL_1}{rL_5}$$

$$\begin{aligned} & \frac{U}{r}(-j\alpha L_2) + I_{22}(-j\alpha L_5) + \left(I_{22} \frac{L_1 + L_3 + L_5}{L_5} - \frac{UL_1}{rL_5} \right) (j\alpha L_2 + j\alpha L_4 + j\alpha L_5) = \\ & = I_{22} \left[\frac{L_1 + L_3 + L_5}{L_5} (j\alpha L_2 + j\alpha L_4 + j\alpha L_5) - j\alpha L_5 \right] - \frac{UL_1}{rL_5} (j\alpha L_2 + j\alpha L_4 + j\alpha L_5) - \frac{U}{r} j\alpha L_2 = 0 \end{aligned}$$

Звідси знаходимо контурні струми

$$I_{22} = \frac{\frac{UL_1}{rL_5} (j\alpha L_2 + j\alpha L_4 + j\alpha L_5) + \frac{U}{r} j\alpha L_2}{\frac{L_1 + L_3 + L_5}{L_5} (j\alpha L_2 + j\alpha L_4 + j\alpha L_5) - j\alpha L_5} = \frac{\frac{UL_1}{rL_5} (L_2 + L_4 + L_5) + \frac{U}{r} L_2}{\frac{L_1 + L_3 + L_5}{L_5} (L_2 + L_4 + L_5) - L_5} = 6.724 \text{ А},$$

$$I_{33} = \frac{\frac{UL_1}{rL_5} (L_2 + L_4 + L_5) + \frac{U}{r} L_2}{\frac{L_1 + L_3 + L_5}{L_5} (L_2 + L_4 + L_5) - L_5} - \frac{UL_1}{rL_5} = 7.414 \text{ А}.$$

Далі легко знайти струми у вітках: $I_1 = I_{11} - I_{22} = 3.276$ А, $I_2 = I_{11} - I_{33} = 2.586$ А,
 $I_3 = I_{22} = 6.724$ А, $I_4 = I_{33} = 7.414$ А, $I_5 = I_{33} - I_{22} = 0.69$ А

Розподіл струмів між індуктивностями суттєво змінюється, якщо у вітку з L_5 увімкнути додатковий резистор.

Приклад 5. В колі постійного струму (рис. 5) визначити струми в усіх вітках.

Параметри схеми: $U = 100$ В, $r_1 = 10$ Ом, $r_2 = 20$ Ом, $L_1 = 0.2$ Гн, $L_2 = 0.15$ Гн, $L_3 = 0.1$ Гн,
 $L_4 = 0.05$ Гн, $L_5 = 0.025$ Гн.

Проведемо цей розрахунок також методом контурних струмів. Система рівнянь має вигляд

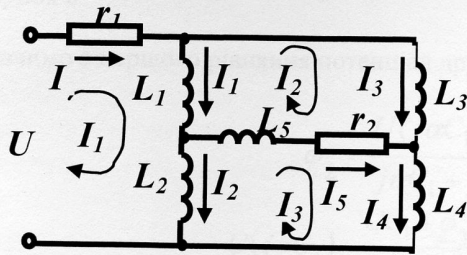


Рисунок 5

$$\begin{aligned} I_{11}Z_{11} + I_{22}Z_{12} + I_{33}Z_{13} &= U, \\ I_{11}Z_{21} + I_{22}Z_{22} + I_{33}Z_{23} &= 0, \\ I_{11}Z_{31} + I_{22}Z_{32} + I_{33}Z_{33} &= 0. \end{aligned}$$

Розглянемо спочатку перше рівняння, підставивши в нього вирази для контурних та спільних опорів.

$$I_{11}(r_1 + j\alpha L_1 + j\alpha L_2) + I_{22}(-j\alpha L_1) + I_{33}(-j\alpha L_2) = U$$

Оскільки лише коефіцієнт при I_{11} не є нескінченно малим, виконаємо еквівалентні перетворення згідно формулі (10) першої частини роботи.

$$I_{11}(r_1 + j\alpha L_1 + j\alpha L_2) + I_{22}(-j\alpha L_1) + I_{33}(-j\alpha L_2) \approx I_{11}r_1 = U$$

Звідси випливає, що як і в попередньому прикладі $I_{11} = I = \frac{U}{r_1} = 10$ А.

Аналогічно виконаємо еквівалентні перетворення для другого рівняння.

$$\frac{U}{r_1}(-j\alpha L_1) + I_{22}(j\alpha L_1 + j\alpha L_3 + j\alpha L_5 + r_2) + I_{33}(-r_2 - j\alpha L_5) \approx r_2 I_{22} - r_2 I_{33} = 0, \text{ Звідки } I_{22} = I_{33}, \text{ а}$$

$$I_5 = I_{33} - I_{22} = 0$$

Легко переконатися, що аналіз третього рівняння дає аналогічний результат. Оскільки струм в індуктивності L_5 відсутній, задача суттєво спрощується і за аналогією з прикладом 1 можна записати

$$I_1 = I_2 = \frac{U(L_3 + L_4)}{(L_1 + L_2 + L_3 + L_4)r_1} = 3 \text{ А},$$

$$I_3 = I_4 = \frac{U(L_1 + L_2)}{(L_1 + L_2 + L_3 + L_4)r_1} = 7 \text{ А}.$$

Розглянемо тепер кола постійного струму з ідеальними ємностями.

Аналіз електричних кіл постійного струму з ідеальними ємностями

Очевидно, що в цих випадках для повного комплексного опору вітки можна записати $Z_L \approx \frac{1}{j\alpha C}$. (15)

Приклад 6. В колі постійного струму (рис. 6) визначити напруги на ємностях C_1, C_2 .

Розглянемо це коло, як коло синусоїдного змінного струму з кутовою частотою $\omega \approx \alpha$.

Повний комплексний опір кола

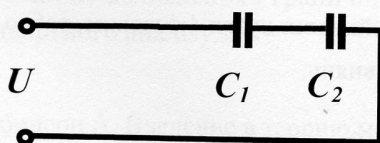


Рисунок 6

$$Z_{\text{вх}} \approx \frac{1}{j\alpha C_1} + \frac{1}{j\alpha C_2} = \frac{j\alpha C_1 + j\alpha C_2}{(j\alpha C_1)(j\alpha C_2)} = \frac{C_1 + C_2}{j\alpha C_1 C_2},$$

тоді струм, що через нього протікає $I = \frac{U}{Z_{\text{вх}}} = \frac{U j\alpha C_1 C_2}{C_1 + C_2}$

$$\text{звідси напруги на ємностях } U_{C_1} = I \frac{1}{j\alpha C_1} = \frac{UC_2}{C_1 + C_2}, \quad U_{C_2} = I \frac{1}{j\alpha C_2} = \frac{UC_1}{C_1 + C_2}.$$

Приклад 7. В колі постійного струму (рис. 7) визначити напруги U_{C_1} , U_{C_2} , U_{ab} . По-перше, очевидно, що $U_{C_1} = U$. По-друге, зі схеми кола видно, що вітка з ємністю C_2 розірвана.

Розрив вітки можна представити як умовний ідеальний конденсатор, у якого площа обкладинок прямує до нуля, а відстань між обкладинками прямує до нескінченності, тобто його ємність C дорівнює нескінченно малому числу.

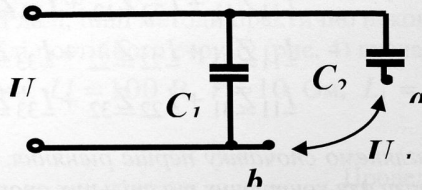


Рисунок 7

Тоді комплексний опір цього умовного конденсатора буде дорівнювати

$$\underline{Z}_C \approx \frac{1}{j\alpha_1 \alpha_2}. \quad (16)$$

Виходячи з таких же міркувань, як і в прикладі 2 (див. частину 1), запишемо

$$\underline{Z}_C \approx \frac{1}{jm\alpha_1^2}. \quad (17)$$

В результаті повний комплексний опір другої вітки дорівнює

$$\underline{Z} \approx \frac{1}{jm\alpha_1^2} + \frac{1}{j\alpha_1 C_2} = \frac{jm\alpha_1^2 + j\alpha_1 C_2}{(jm\alpha_1^2)(j\alpha_1 C_2)} = \frac{m\alpha_1 + C_2}{jm\alpha_1^2 C_2},$$

а струм другої вітки

$$\underline{I} = \frac{Ujm\alpha_1^2 C_2}{m\alpha_1 + C_2} \approx \frac{Ujm\alpha_1^2 C_2}{C_2} \approx Ujm\alpha_1^2.$$

$$\text{Звідси напруги на ємності } C_2 \quad U_{C_2} = I \frac{1}{j\alpha_1 C_2} = \frac{Ujm\alpha_1^2}{j\alpha_1 C_2} = \frac{Um\alpha_1}{C_2} \approx 0$$

$$\text{Напругу } U_{ab} \text{ можна знайти як напругу на умовному конденсаторі } U_{ab} = I \frac{1}{jm\alpha_1^2} = \frac{Ujm\alpha_1^2}{jm\alpha_1^2} = U$$

Приклад 8.

В колі постійного струму (рис. 8) визначити напруги на всіх ємностях.

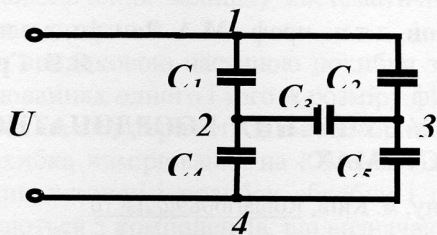
Параметри кола: $U = 100$ В, $L_1 = 200$ мкФ, $L_2 = 150$ мкФ, $L_3 = 100$ мкФ, $L_4 = 50$ мкФ, $L_5 = 25$ мкФ.

Цю задачу зручно розв'язувати методом вузлових потенціалів, прийнявши вузол 4 базовим, тобто $\varphi_4 = 0$. Відзначимо, що $\varphi_1 = U$, тому задача зведеться до системи з 2-х рівнянь.

Запишемо систему рівнянь

$$-\varphi_1 Y_{21} + \varphi_2 Y_{22} - \varphi_3 Y_{23} = 0,$$

$$-\varphi_1 Y_{31} - \varphi_2 Y_{32} + \varphi_3 Y_{33} = 0.$$



Підставивши вирази для потенціалу першого вузла, а також власних та спільних провідностей, отримаємо

$$-U(j\alpha C_1) + \varphi_2(j\alpha C_1 + j\alpha C_4 + j\alpha C_3) - \varphi_3(j\alpha C_3) = 0,$$

$$-U(j\alpha C_2) - \varphi_2(j\alpha C_3) + \varphi_3(j\alpha C_2 + j\alpha C_3 + j\alpha C_5) = 0.$$

Рисунок 8

Визначимо з першого рівняння потенціал другого вузла і підставимо його в друге рівняння.

$$\varphi_2 = \frac{U(j\alpha C_1) + \varphi_3(j\alpha C_3)}{j\alpha C_1 + j\alpha C_4 + j\alpha C_3} = \frac{UC_1 + \varphi_3 C_3}{C_1 + C_4 + C_3},$$

$$-U(j\alpha C_2) - \frac{UC_1 + \varphi_3 C_3}{C_1 + C_4 + C_3} (j\alpha C_3) + \varphi_3(j\alpha C_2 + j\alpha C_3 + j\alpha C_5) =$$

$$= -U(j\alpha C_2) - \frac{UC_1(j\alpha C_3)}{C_1 + C_4 + C_3} - \frac{\varphi_3 C_3}{C_1 + C_4 + C_3} (j\alpha C_3) + \varphi_3(j\alpha C_2 + j\alpha C_3 + j\alpha C_5) = 0$$

Звідси знайдемо потенціали

$$\varphi_3 = \frac{UC_2 + \frac{UC_1 C_3}{C_1 + C_4 + C_3}}{C_2 + C_3 + C_5 - \frac{C_3^2}{C_1 + C_4 + C_3}} = 81.159 \text{ В},$$

$$\varphi_2 = \frac{UC_1}{C_1 + C_4 + C_3} + \frac{UC_2 + \frac{UC_1 C_3}{C_1 + C_4 + C_3}}{C_2 + C_3 + C_5 - \frac{C_3^2}{C_1 + C_4 + C_3}} \frac{C_3}{C_1 + C_4 + C_3} = 84.058 \text{ В}.$$

Далі легко знайти напруги на ємностях

$$U_{C_1} = \varphi_1 - \varphi_2 = 18.841 \text{ В}, U_{C_2} = \varphi_1 - \varphi_3 = 15.942 \text{ В},$$

$$U_{C_3} = \varphi_3 - \varphi_2 = 2.899 \text{ В}, U_{C_4} = \varphi_2 = 81.159 \text{ В}, U_{C_5} = \varphi_3 = 84.058 \text{ В},$$

Висновки

1. Застосування ідей та методів нестандартного аналізу в галузі теоретичної електротехніки дає можливість для аналізу кіл постійного струму з ідеальними реактивними елементами використовувати символічний метод розрахунку та будь-які загальновідомі універсальні алгоритми.
2. При використанні нестандартного аналізу слід звертати увагу на порядок нескінченно малих чисел, які є еквівалентними різним параметрам задачі.
3. Слід провести аналіз задач різноманітних галузей науки і техніки, в яких використовується диференційне обчислення і граничні переходи, з метою визначення доцільності застосування методів нестандартного аналізу.

Список літературних джерел

1. Робинсон А. Введение в теорию моделей и метаматематику алгебры / Робинсон А. – М.: Наука, 1967. – 376 с.
2. Девис М. Прикладной нестандартный анализ / Девис М. – М.: Мир, 1980. – 237 с.
3. Гордон Е. И. Инфинитезимальный анализ. – 2-е изд., дополн. и испр. / Гордон Е. И., Курсаев А. Г., Кутеладзе С. С. – Новосибирск : Изд-во Ин-та математики, 2006. – 526 с.

ТЕОРЕТИЧНИЙ І НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ
ІНЖЕНЕРНОЇ АКАДЕМІЇ УКРАЇНИ



В І С Н И К

ІНЖЕНЕРНОЇ АКАДЕМІЇ УКРАЇНИ

ВИПУСК 2 2013

Підп. до друку 23.04.2013 р. Формат 60×84/8. Папір офсет. № 1.
Гарнітура Тип Таймс. Друк офсет. Ум. друк. арк. 33,1
Обл.-вид. арк. 35,6. Наклад 300 прим. Зам. № 399

Віддруковано: ТОВ «НВП «Інтерсервіс»
м. Київ, вул. Бориспільська, 9,
Свідоцтво: серія ДК № 3534 від 24.07.2009 р.