

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ “ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”

# ВІСНИК

НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ  
“ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”

Збірник наукових праць

*Голова Редакційно-видавничої ради –  
д-р екон. наук, професор Н. І. Чухрай*

*Засновано 1964 р.*

№ 849

**СЕРІЯ:**

**РАДІОЕЛЕКТРОНІКА  
ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ**

Львів  
Видавництво Львівської політехніки  
2016

**УДК 338.24-658.014**

Відображено результати досліджень з теорії та проектування радіоелектронних кіл та пристроїв, антен і пристроїв НВЧ-діапазону, систем телекомунікації та інформаційних мереж, а також математичного моделювання та конструювання радіоелектронних схем і радіоапаратури.

Для наукових працівників, інженерів та студентів старших курсів, фахівців з радіотехніки, інформаційних технологій та телекомунікаційних систем, матеріалознавства, інформатики, вимірювання і контролю якості.

*Рекомендувала Вчена рада Національного університету “Львівська політехніка”  
(протокол № 20 засідання від 23.02.2016 р.)*

*Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації  
(серія КВ №13038 – 1922Р від 20.07.2007 р.)*

*Входить до переліку фахових наукових видань (з технічних наук),  
затвердженого МОН України*

**Статті, опубліковані у збірнику наукових праць серії “Радіоелектроніка та телекомунікації”,  
індексуються у наукометричній базі IndexCopernicus**

**Редакційно-видавнича рада Національного університету “Львівська політехніка”:**

проф., д-р екон. наук Н. І. Чухрай (голова);

О. Я. Юрків (відповідальний секретар)

**Редакційна колегія серії “Радіоелектроніка та телекомунікації”:**

проф., д-р техн. наук Б. А. Мандзій (відп. редактор);

проф., д-р техн. наук М. М. Климаш (заст. відп. редактора);

канд. техн. наук О. А. Лаврів (відп. секретар);

д-р техн. наук З. Блувбанд;

проф., д-р техн. наук Ю. Я. Бобало;

проф., д-р техн. наук Я. В. Бобицький;

проф., д-р техн. наук А. П. Бондарев;

проф., д-р техн. наук Б. Ю. Волочій;

проф., д-р техн. наук С. Волошиновський;

проф., д-р техн. наук З. Ю. Готра;

д-р техн. наук М. Джо;

проф., д-р техн. наук А. О. Дружинін;

проф., д-р техн. наук А. М. Зубков;

проф., д-р техн. наук О. В. Лемешко;

проф., д-р техн. наук А. Лунтовський;

проф., д-р техн. наук Я. М. Матвійчук;

проф., д-р техн. наук В. Мосоров;

проф., д-р техн. наук В. О. Нічога;

проф., д-р техн. наук І. Н. Прудіус;

проф., д-р техн. наук Ю. М. Романишин;

проф., д-р техн. наук Б. П. Русин;

проф., д-р техн. наук Є. В. Сторчун;

доц., д-р техн. наук Б. М. Стрихалюк;

проф., д-р техн. наук С. В. Толюпа;

проф., д-р техн. наук Г. Тржаска;

проф., д-р техн. наук А. Шілля;

проф., д-р техн. наук В. І. Шклярський;

проф., д-р техн. наук Є. Ящишин

**Адреса редколегії:**

*Національний університет “Львівська політехніка”*

*вул. Професорська 2, 79013, м. Львів.*

*Редколегія серії “Радіоелектроніка та телекомунікації”*

*RadioTel@lp.edu.ua, Тел.: 258-24-44, Факс: 261-05-55*

*За можливі технічні збіги з іншими науковими працями  
автори відповідають персонально*

## ЗМІСТ

### ЕЛЕКТРОННІ КОЛА ТА СИГНАЛИ

<i>Шаповалов Ю. І., Мандзій Б. А., Бачик Д. Р.</i> Розширення можливостей системи програмних функцій MAOPCS-стосовно формування передавальних характеристик лінійних параметричних кіл .....	3
<i>Маньковський С. В., Маньковська Е. Й.</i> Символьна модель квадратурного детектора .....	13
<i>Бондарев А. П., Максимів І. П., Максимюк Т. А.</i> Метод підвищення енергетичної ефективності HQPSK сигналів.....	18
<i>Романишин Ю. М., Петрицька С. Р.</i> Ряди Вольтерри для моделей Ходжкіна–Хакслі та ФітцХ'ю-Нагумо нейрона.....	23
<i>Кузик А. О.</i> Спектральний та кореляційний аналіз сигналів з неперервною та дискретною частотною модуляцією.....	31
<i>Матвійчук Я. М.</i> Синтез передавальної функції за відомою амплітудно-частотною характеристикою.....	45

### РАДІОЕЛЕКТРОННІ ПРИСТРОЇ ТА СИСТЕМИ

<i>Шклярський В. І., Гой В. М., Матвійв Р. З., Матієшин Ю. М.</i> Формування сканувального растра змінних розмірів у телевізійному оптичному мікроскопі .....	49
<i>Кудря В. Г.</i> Відображення впливу морфології на характеристики електронних пристроїв .....	57
<i>Ципоренко В. В.</i> Дослідження ширини робочого сектора безпешукового цифрового кореляційно-інтерферометричного пеленгатора з реконструюванням просторового аналітичного сигналу .....	68
<i>Павлов Б. О., Мелень М. В., Павлов Ф. Б.</i> Аналогова ФАПЧ як схемотехнічна основа ЧМ радіоприймачів .....	74
<i>Бондарев А. П., Алтунін С. І.</i> Програмно-апаратна реалізація цифрового пристрою фазового автоматичного підстроювання частоти.....	83
<i>Шклярський В. І., Матієшин Ю. М., Баланюк Ю. В., Янкевич Р. В.</i> Розширення функціональних можливостей телевізійного сканувального оптичного мікроскопа під час дослідження мікрооб'єктів .....	91
<i>Нічога В. О., Прудіус І. Н., Сторож І. В., Сторож В. Г., Вацшишин Л. В., Дуб П. Б.</i> Магнітодинамічний метод діагностики залізничної колії і напрямки його модернізації.....	99
<i>Теслюк В. М., Матвійчук К. В., Романюк А. Б.</i> Розроблення мобільної робототехнічної системи на основі FPGA.....	117
<i>Баріло Г. І., Вірт В. В., Голяка Р. Л., Готра З. Ю.</i> SPICE модель квадратурного синхронного детектора вимірювальних перетворювачів імпедансу .....	126

### АНТЕНИ ТА НВЧ ТЕХНІКА

<i>Прудіус І. Н., Оборжицький В. І., Сторож В. Г.</i> Метод розроблення двочастотних мікрохвильових дискретних фазообертачів з відмінними фазовими зсувами у смугах частот.....	135
<i>Захарія Й. А.</i> До питання про оптимізацію вузла з'єднання лінія-хвилевід з провідниковим елементом збуджувача.....	144
<i>Сторчак К. П., Макаренко А. О., Гринкевич Г. О., Примаченко В. І.</i> Алгоритм програмної реалізації багатоантенного каналу з завадами.....	151

## ОБРОБКА ЗОБРАЖЕНЬ

<i>Регуш А. В.</i> Дослідження похибок суміщення стереопари растрів .....	159
<i>Гривачевський А. П., Прудіус І. Н.</i> Адаптивний алгоритм виявлення рухомих об'єктів під час відеомоніторингу .....	168

## ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ

<i>Стрихалюк Б. М., Климаш Ю. В., Болюбаши І. І.</i> Алгоритм максимізації часу життя сенсорної мережі з використанням концепції віртуальних вузлів.....	173
<i>Безрук В. М., Власова В. О., Скорик Ю. В., Колтун Ю. М., Костромицький А. І.</i> Вибір алгоритму самоорганізації бездротової сенсорної мережі методом аналізу ієрархій .....	179
<i>Кайдан М. В.</i> Визначення енергоефективності акустичних пристроїв в оптичній транспортній мережі за допомогою 3D-аналізу коефіцієнта електромеханічного зв'язку .....	185
<i>Кирик М. І., Янишин В. Б., Піцик М. В.</i> Оцінка ефективності методів спектральної мобільності у когнітивних радіомережах.....	194
<i>Кайдан М. В., Андрущак В. С., Думич С. С., Пашикевич В. З.</i> Дослідження принципів побудови транспортних мереж на основі технології OLS .....	203
<i>Козелкова К. С., Торошанко Я. І., Харлай Л. А.</i> Управление потоками данных в цифровых телекоммуникационных сетях с разнородным трафиком .....	210

## ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

<i>Климаш М. М., Демидов І. В., Мохамед Мехді Ель Хатрі, Децинський Ю. Л.</i> Дослідження доступності у хмарних сервісних системах .....	218
<i>Кирик М. І.</i> Дослідження механізмів управління контентом у мережах CDN.....	229
<i>Пасічник В. В., Савчук В. В., Єгорова О. І.</i> Мобільні інформаційні технології навігації користувача в приміщеннях зі складною просторовою організацією.....	236
<i>Кришталь Р. П., Лаврів О. А., Хархаліс З. М.</i> Удосконалення алгоритму повного групового розсилання у системах оброблення даних з розподіленою архітектурою .....	241
<i>Толюпа С. В., Пархоменко І. І.</i> Захист інформації з інтелектуальною підтримкою організаційно-технічного й оперативного управління.....	248

## ТЕХНОЛОГІЇ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ

<i>Гуськов П. О., Цуркан А. С., Шпур О. М., Бугиль Б. А., Климаш М. М.</i> Модель мережі радіодоступу з використанням методу адаптивного формування структури .....	256
<i>Скулиш М. А., Заставенко А. А.</i> Метод контролю якості обробки інформаційних потоків у мережі 5G.....	265
<i>Бак Р. І., Гуськов П. О., Лаврів О. А.</i> Імітаційна макромодель поведінки абонентів у мережі коміркового зв'язку .....	274

## МІКРО- ТА НАНОЕЛЕКТРОНІКА

<i>Бурий О. А., Андрущак Н. А., Яремко О. М., Убізський С. Б.</i> Оптимізація геометрії лінійного електрооптичного ефекту в кристалах $\text{LiNbO}_3:\text{MgO}$ .....	285
<i>Яремчук І. Я., Фітьо В. М., Бобицький Я. В.</i> Моделювання плазмонних властивостей нанокompозитних матеріалів на основі алмазоподібної вуглецевої плівки та наночастинок срібла .....	292
<i>Павловська О. Б., Василечко Л. О.</i> Кристалічна структура змішаних феритів рідкісноземельних елементів $\text{Pr}_{0,5}\text{R}_{0,5}\text{FeO}_3$ ( $R = \text{Nd}, \text{Gd}, \text{Tb}, \text{Dy}, \text{Ho}$ ).....	299

## CONTENTS

### ELECTRONIC CIRCUITS AND SIGNALS

<i>Shapovalov Yu., Mandziy B., Bachyk D.</i> The expansion of the possibilities of the system program functions MAOPCS for the study of linear periodically-time-variable circuits.....	3
<i>Mankovskyy S., Mankovska E.</i> Quadrature detector symbolic model.....	13
<i>Bondariev A., Maksymiv I., Maksymyuk T.</i> Method for increasing the energy efficiency of HQPSK signals.....	18
<i>Romanyshyn Y., Petrytska S.</i> Volterra series for Hodgkin-Huxley and Fitzhugh-Nagumo neuron models.....	23
<i>Kuzyk A.</i> Spectral and correlation analysis of signals with continuous and discrete frequency modulation.....	31
<i>Matviychuk Y.</i> Transfer function synthesis from the known frequency response.....	45

### RADIOELECTRONIC DEVICES AND SYSTEMS

<i>Shkliarskyi V., Goy V., Matviyiv R., Matiieshyn Y.</i> Resizable scanning raster generation in television optical microscope.....	49
<i>Kudrya V.</i> Reflection the morphology impact on the characteristics of electronic devices.....	57
<i>Tsymporenko V.</i> Research of width of working sector of direct digital correlative-interferometric direction finder with reconstruction of spatial analytical signal.....	68
<i>Pavlov B., Melen M., Pavlov F.</i> Analogue PLL as circuit basis of FM radio receivers.....	74
<i>Bondariev A., Altunin S.</i> Firmware implementation of digital phase-locked loop.....	83
<i>Shkliarskyi V., Matiieshyn Y., Balanyuk Y., Yankevych R.</i> Expansion of functional capabilities of television scanning optical microscope in the study of microobjects.....	91
<i>Nichoha V., Prudyus I., Storozh I., Storozh V., Vashchyshyn L., Dub P.</i> The Magnetic flux leakage method of railway track diagnostics and ways of it modernization.....	99
<i>Teslyuk V., Matviichuk K., Romaniuk A.</i> Developing of mobile robotic technical system based on FPGA.....	117
<i>Barylo G., Virt V., Holyaka R., Hotra Z.</i> Spice model of quadrature synchronous detectors for impedance measuring transducer.....	126

### ANTENNAS AND UHF DEVICES

<i>Prudyus I., Oborzhytskyy V., Storozh V.</i> Design method of dual-frequency microwave phase shifters with distinct phase shifts in frequency bands.....	135
<i>Zakharia Y.</i> The question of line-waveguide junction with conducting exciter element optimization.....	144
<i>Storchak C., Makarenko A., Hrynkevych G., Primachenko V.</i> Algorithm program realization multi-antenna channel with noise.....	151

### IMAGE PROCESSING

<i>Rehush A.</i> Study of errors of combined stereo rasters.....	159
<i>Hryvachevskiy A., Prudyus I.</i> Adaptive algorithm of moving objects detection in video monitoring.....	168

## TELECOMMUNICATION SYSTEMS AND NETWORKS

<i>Strykhalyuk B., Klymash Yu., Bolyubash I.</i> The algorithm of sensor network lifetime maximization using the concept of virtual nodes .....	173
<i>Bezruk V., Vlasova V., Skorik U., Koltun U., Kostromitsky A.</i> Select algorithm of self-organizing wireless sensor network by the analytic hierarchy process .....	179
<i>Kaidan M.</i> Determination of energy efficiency acoustic devices in the optical transport network using 3D-analysis of electromechanical coupling.....	185
<i>Kyryk M., Yanyshyn V., Pitsyk M.</i> Spectrum mobility techniques performance evaluation for cognitive radio.....	194
<i>Kaidan M., Andrushchak V., Dumych S., Pashkevych V.</i> The study of deployment basics of OLS-based backhaul networks .....	203
<i>Kozelkova K., Toroshanko Ya., Kharlai L.</i> Data flows control in digital telecommunication networks with heterogeneous traffic .....	210

## INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

<i>Klymash M., Demydov I., Mohamed Mehdi El Hatri, Deshchynskiy Yu.</i> The investigation of the availability at cloud service systems.....	218
<i>Kyryk M.</i> Study of the load management mechanisms in content delivery networks .....	229
<i>Pasichnyk V., Savchuk V., Yegorova O.</i> Mobile information technologies of navigation of a user in complex indoor environment.....	236
<i>Kryshstal R., Lavriv O., Kharkhalis Z.</i> Improving of totally ordered multicast algorithm for distributed architecture data processing systems .....	241
<i>Toliupa S., Parkhomenko I.</i> Data protection with intellectual support of organizational and technical and operational management .....	248

## MOBILE COMMUNICATION TECHNOLOGIES

<i>Huskov P., Tsurkan A., Shpur O., Buhyl B., Klymash M.</i> Radio access network model with adaptive structure synthesis.....	256
<i>Skulysh M., Zastavenko A.</i> The method of quality control of processing information flows in 5G network.....	265
<i>Bak R., Huskov P., Lavriv O.</i> Simulation macromodel of subscriber's behavior in cellular communication network .....	274

## MICRO- AND NANOELECTRONICS

<i>Buryy O., Andrushchak N., Yaremko O., Ubizskii S.</i> Geometry optimization of linear electro-optic effect in LiNbO <sub>3</sub> :MgO crystals .....	285
<i>Yaremchuk I., Fitio V., Bobitski Ya.</i> Modelling of the plasmonic properties of nanocomposite materials based on diamond-like carbon film and silver nanoparticles .....	292
<i>Pavlovska O., Vasylechko L.</i> Crystal structure of the mixed rare earth ferrites Pr <sub>0,5</sub> R <sub>0,5</sub> FeO <sub>3</sub> (R = Nd, Gd, Tb, Dy, Ho) .....	299