

Міністерство освіти і науки України  
Одеський національний політехнічний університет

# ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ ТА КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ

- електротехніка
- інформатика і обчислювальна техніка
- системна інженерія
- інновації

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ  
ЗАСНОВАНИЙ В 1965 РОЦІ

№ 28 (104)

Астропринт  
2018

УДК 004.231.2

У журналі друкуються результати наукових досліджень, які стосуються розробки сучасних автоматизованих електромеханічних систем, проектування електромеханічних перетворювачів та електричних апаратів, мехатроніки, комп'ютерних систем та їх компонентів, інформаційних інтелектуальних систем, комп'ютерних мереж та захисту інформації в комп'ютерних системах.

У журналі знаходять відображення, також математичне моделювання та оптимізація електротехнічних та електромеханічних систем, способи керування електроприводами, що забезпечують енергозбереження, сучасні системи електропостачання промислових підприємств. Крім того, журнал публікує матеріали, пов'язані з автоматичними системами управління і системами штучного інтелекту.

Журнал розрахований на інженерів та наукових працівників, що займаються дослідженням, проектуванням та експлуатацією електротехнічних та комп'ютерних систем та їх компонентів, а також на викладачів і студентів вищих та середніх учбових закладів відповідних спеціальностей.

**Видавець** – Одеський національний політехнічний університет (ОНПУ).

Друкується за рішенням Вченої ради ОНПУ від 26.06.2018, протокол № 11.

**Головний редактор**

Маєвський Д. А. (Одеський нац. політехн. ун-т)

**Заступники головного редактора**

Шапорин Р. О., Бушер В. В. (Одеський нац. політехн. ун-т)

### **Редакційна колегія**

Абакумов В. Г. (Нац. технічний ун-т України «КПІ»), Акімов Л. В. (Нац. технічний ун-т «ХПІ»), Андрієнко П. Д. (ВАТ «Перетворювач», Запоріжжя), Антонов О. Є. (Ін-т електродинаміки НАН України), Антошук С. Г. (Одеський нац. політехн. ун-т), Вишневський Л. В. (Одеська нац. морська академія), Водічев В. А. (Одеський нац. політехн. ун-т), Дрозд О. В. (Одеський нац. політехн. ун-т), Загірняк М. В. (Кременчуцький нац. ун-т ім. М. Остроградського), Кондратенко Ю. П. (Чорноморський нац. ун-т ім. П. Могили, Миколаїв), Лебедев В. О. (Ін-т електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України), Лозинський О. Ю. (Нац. ун-т «Львівська політехн.»), Машталір В. П. (Харків. нац. ун-т радіоелектроніки), Оборський Г. О. (Одеський нац. політехн. ун-т), Пересада С. М. (Нац. технічний ун-т України), Петрушин В. С. (Одеський нац. політехн. ун-т), Пуйло Г. В. (Одеський нац. політехн. ун-т), Садовой О. В. (Дніпровський держ. технічний ун-т), Саченко А. О. (Тернопільський нац. економічний ун-т), Ситніков В. С. (Одеський нац. політехн. ун-т), Стахів П. Г. (Нац. ун-т "Львівська політехніка"), Ткачов В. В. (Нац. гірничий ун-т, м. Дніпро), Харченко В. С. (Харківський нац. аерокосмічний ун-т ім. М. Е. Жуковського), Шинкаренко В. Ф. (Нац. технічний ун-т України «КПІ»).

### **Міжнародна редакційна колегія**

Антонов Петро (Технічний ун-т, Варна, Болгарія), Бардіс Ніколаос Г. (член Ради освітнього еллінської Військової академії, Афіни), Зайцева О. М. (Ун-т м. Жиліна, Словаччина), Машков В. (ун-т Я. Євангелісти Пуркіне, Чехія), Масловський Г. (Жешувський технологічний ун-т, Польща), Орловський А. (ун-т природничих наук – SGGW, Польща), Постолатій В. М. (Інститут Енергетики Академії наук Молдови (ІЕ АНМ) дійсний член Академії наук Молдови), Філіпс Кріс (ун-т Ньюкасла, Великобританія), Фіраго Б. І. (Білоруський нац. технічний ун-т, Мінськ), Хервіг Ф. (Ерфуртський ун-т прикладних наук та бізнес-систем, Німеччина).

**Відповідальний секретар** Горохолинська Г. М. (Одеський нац. політехн. ун-т)

Журнал включено до Переліку наукових фахових видань, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата технічних наук (Наказ МОН України № 1714 від 28.12.2017).

Статті журналу індексуються в міжнародних базах даних: *Index Copernicus International*, *Ulrich's Periodicals Directory*, *Electronic Journals Library*, "Google Scholar", *Реферативний журнал ВІНІТІ*, а також в національних базах і бібліотеках: *Загальнодержавний депозитарій «Наукова Періодика України»*, *Загальнодержавна База даних «Україніка наукова»* (реферативний журнал «Джерело»).

Рукописи статей проходять незалежне рецензування та наукове редагування. За їх результатами редакційна колегія приймає рішення про опублікування кожної статті в журналі, який виходить два-три рази на рік. Приймаються рукописи, підготовлені українською, англійською або російською мовою.

**Адреса редакційної колегії:** Україна, 65044, м. Одеса, пр. Шевченка, 1 Одеський національний політехнічний університет.

**Телефони:** +38(048) 704-84-54, +38(093) 540-38-41, +38(099) 797-23-11

**E-mail:** eltecs.onpu@gmail.com

**Сайт:** www.etks.opu.ua

**ISSN 2221-3805 (Print)**

**ISSN 2221-3937 (Online)**

Ministry of Education and Science of Ukraine  
Odessa National Polytechnic University

# ELECTROTECHNIC AND COMPUTER SYSTEMS

- **Electrical Engineering**
- **Information Science and Computer Engineering**
- **System Engineering**
- **Innovations**

SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL

FOUNDED IN 1965

No. 28 (104)

Astroprint  
2018

UDC 004.231.2

The results of scientist's research in a field of modern automatic electromechanical systems analysis and development, electromechanical converters and electric apparatus, mechatronics and computer systems and components, informational intelligence systems, computer networks and defense of information are published in the journal.

The journal reflects mathematic modeling and optimization of electrotechnical and electromechanic systems, ways of electric drives control allowing to saving energy, modern systems of power supply. Besides that, the materials about automatic control systems and systems of artificial intelligence are published in the journal.

The journal is designed for engineers and scientists that take part in researches, designing and exploitation of electrotechnical and computer systems and their components, and also for corresponding specialty teachers and students of high school.

**Publisher** – Odessa National Polytechnic University (ONPU)

The journal is printed according to the decision of the scientific council of ONPU 26.06.2018, № 11

**Editor-in-chief**

Maevsky D. A. (Odessa National Polytechnic University)

**Deputy Editor-in-chief**

Shaporin R. O., Busher V.V. (Odessa National Polytechnic University)

### ***Editorial Board***

Abakumov V. G. (National Technical University of Ukraine "KPI"), Akimov L. V. (National Technical University "Kharkov Polytechn. Inst."), Andrienco P. D. (OAC "Converter", Zaporozhye), Antonov A. E. (Institute of Electrodynamics, Kiev), Antoschuk S. G. (Odessa National Polytechnic University), Drozd O. V. (Odessa National Polytechnic University), Kharchenko V. S. (Kharkiv National Aerospace University named after M. E. Zhukovsky), Kondratenko Yu. P. (Black Sea National University named after Petro Mohyla, Mykolaiv), Lebedev V. A. (Institute Electrowelding Matches named after Paton NAS, Kiev), Lozynsky O. J. (National University "Lvivska Politechnica"), Mashtalir V. P. (Kharkov National University Radioelectronics), Oborskiy G. A. (Odessa National Polytechnic University), Peresada S. M. (National Technical University of Ukraine), Petrushin V. S. (Odessa National Polytechnic University), Postolati V. M. (Energy Institute of the Academy of Sciences of Moldova), Puilo G. V. (Odessa National Polytechnic University), Sadovoy A. V. (Dniprovsk State Technical University), Sachenko A. O. (Ternopol National Economic University), Stakhiv P. G. (National University "Lviv Polytechnic"), Sytnikov V. S. (Odessa National Polytechnic University), Tkachev V. V. (National Mining University, Dnipro), Shynkarenko V. F. (National Technical University of Ukraine "KPI"), Vishnevsky L. V. (Odessa National Maritime Academy), Vodichev V. A. (Odessa National Polytechnic University), Zagirnyak M. V. (Kremenchuk National University named after Mykhailo Ostrohradskiy).

### ***International Editorial Board***

Antonov P. (Technical University of Varna, Bulgaria), Bardis Nikolaos G. (Educational Council of Hellenic Military Academy), Zaitseva E. (University of Zilina, Slovakia), Mashkov V. (Jan Evangelista Purkyně University in Ústí nad Labem, Czech Republic), Maslowski (Rzeszow University of Technology Department, Poland), Orłowski A. (University of Life Sciences – SGGW, Poland), Postolati V. M. (Academician of the Academy of Sciences of Moldova), Phillips Chris (Agriculture & Engineering within New-castle University, United Kingdom), Firago V. I. (Belorussian National Technical University, Minsk), Herwig V. (Erfurt University of Applied Sciences and Applied Informatics, Germany).

***Responsible secretary Goroholinskaya A. N.*** (Odessa National Polytechnic University)

The Journal is included in the list of specialized scientific publications, which may be published results of theses for the degree of doctor and candidate of technical sciences (Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine dated December 28, 2017, No. 1714).

Journal articles are indexed in international databases: Index Copernicus International, Ulrich's Periodicals Directory, Electronic Journals Library, Google Scholar, Abstract Journal of VINITI, as well as in national databases and libraries: National Depository "Scientific Periodicals of Ukraine", National Database "Ukrainka scientific" (abstract journal "Dzherelo").

Manuscripts of articles are subject to independent review and scientific editing. According to their results, the editorial board decides to publish each article in the journal, which is published two or three times a year. Manuscripts are prepared in Ukrainian, English or Russian.

***Editorial board address:*** Odessa National Polytechnic University, Shevchenko Avenue, 1, Odessa, 65044, Ukraine

**Phone:** +38(048) 704-84-54, +38(093) 540-38-41, +38(099) 797-23-11

**E-mail:** eltecs.onpu@gmail.com

**Web-site:** www.etks.opu.ua

**ISSN 2221-3805 (Print)**

**ISSN 2221-3937 (Online)**

Министерство образования и науки Украины  
Одесский национальный политехнический университет

# ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ

- **электротехника**
- **информатика и вычислительная техника**
- **системная инженерия**
- **инновации**

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ  
ОСНОВАН В 1965 ГОДУ

№ 28(104)

Астропринт  
2018

УДК 004.231.2

В журнале печатаются результаты научных исследований, которые относятся к разработке современных автоматизированных электромеханических систем, проектированию электромеханических преобразователей и электрических аппаратов, механотроники, компьютерных систем и их компонентов, информационных интеллектуальных систем, компьютерных сетей и защиты информации в компьютерных системах.

В нём находят отражение также математическое моделирование и оптимизация электротехнических и электромеханических систем, способы управления электроприводами, обеспечивающие энергосбережение, современные системы электроснабжения промышленных предприятий. Кроме того, журнал публикует материалы, связанные с автоматическими системами управления и системами искусственного интеллекта.

Журнал рассчитан на инженеров и научных работников, занимающихся исследованием, проектированием и эксплуатацией электротехнических и компьютерных систем и их компонентов, а также на преподавателей и студентов высших учебных заведений соответствующих специальностей.

**Издатель** – Одесский национальный политехнический университет (ОНПУ).

Печатается по решению Ученого совета ОНПУ от 26.06.2018, протокол № 11

**Главный редактор**

Маевский Д. А. (Одесский нац. политехн. ун-т)

**Заместители главного редактора**

Шапорин Р. О., Бушер В. В. (Одесский нац. политехн. ун-т)

### **Редакционная коллегия**

Абакумов В. Г. (Нац. технический ун-т Украины «КПИ»), Акимов Л. В. (Нац. технический ун-т «ХПИ»), Андриенко П. Д. (ООО НИИ «Преобразователь», Запорожье), Антонов А. Е. (Ин-т электродинамики НАН Украины), Антошук С. Г. (Одесский нац. политехн. ун-т), Вишневецкий Л. В. (Одесская нац. морская академия), Водичев В. А. (Одесский нац. политехн. ун-т), Дрозд А. В. (Одесский нац. политехн. ун-т), Загирняк М. В. (Кременчугский нац. ун-т им. М. Остроградского), Кондратенко Ю. П. (Черноморский нац. ун-т им. П. Могилы, Николаев), Лебедев В. А. (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины), Лозинский О. Ю. (Нац. ун-т «Львовская политехника»), Машталир В. П. (Харьковский нац. ун-т радиоэлектроники), Оборский Г. А. (Одесский нац. политехн. ун-т), Пересада С. М. (Нац. технический ун-т Украины «КПИ»), Петрушин В. С. (Одесский нац. политехн. ун-т), Пуйло Г. В. (Одесский нац. политехн. ун-т), Садовой А. В. (Днепропетровский гос. технический ун-т), Саченко А. О. (Тернопольский нац. экономический ун-т), Ситников В. С. (Одесский нац. политехн. ун-т), Стахов П. Г. (Нац. ун-т «Львовская политехника»), Ткачев В. В. (Нац. горный ун-т, Днепр), Харченко В. С. (Харьковский нац. аэрокосмический ун-т им. Н. Е. Жуковского "ХАИ"), Шинкаренко В. Ф. (Нац. технический ун-т Украины «КПИ»)

### **Международная редакционная коллегия**

Антонов П. Ц. (Технический ун-т, Варна, Болгария), Бардис Николаос Г. (Военная академия Греции, Афины), Зайцева Е. Н. (Жилинский ун-т, Словакия), Машков В. (ун-т Я. Евангелисты Пуркине, Чехия), Масловский Г. (Жешувский технологический ун-т, Польша), Орловский А. (Варшавский ун-т естественных наук – SGGW, Польша), Постолатий В. М. (Институт Энергетики Академии наук Молдовы, действительный член Академии наук Молдовы), Филлипс Крис (ун-т Ньюкасла, Великобритания), Фираго Б. И. (Белорусский нац. технический ун-т, Минск), Хервиг Ф. (Эрфуртский ун-т прикладных наук и бизнес-систем, Германия)

**Ответственный секретарь** Горохолинская А.Н. (Одесский нац. политехн. ун-т)

Журнал включен в Перечень научных специализированных изданий, в которых могут публиковаться результаты диссертационных работ на соискание ученых степеней доктора и кандидата технических наук (Приказ МОН Украины № 1714 от 28.12.2017).

Статьи журнала индексируются в международных базах данных: Index Copernicus International, Ulrich's Periodicals Directory, Electronic Journals Library, "Google Scholar", Реферативный журнал ВИНТИ, а также в национальных базах и библиотеках: Общегосударственный депозитарий «Наукова Періодика України», Общегосударственная База данных «Україніка наукова» (реферативный журнал «Джерело»).

Рукописи статей проходят независимое рецензирование и научное редактирование. По их результатам редакционная коллегия принимает решение об опубликовании каждой статьи в журнале, который выходит два-три раза в год. Принимаются рукописи, подготовленные на украинском, английском или русском языке.

**Адрес редакционной коллегии:** Украина, 65044, г. Одесса, пр. Шевченко, 1, Одесский национальный политехнический университет

**Телефоны:** +38(048) 704-84-54, +38(093) 540-38-41, +38(099) 797-23-11

**E-mail:** eltecs.onpu@gmail.com

**Сайт:** www.etks.opu.ua

**ISSN 2221-3805 (Print)**

**ISSN 2221-3937 (Online)**