



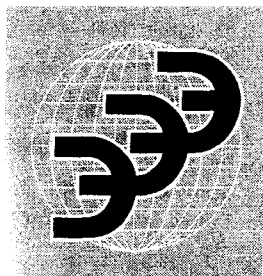
# ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ЭНЕРГЕТИКА ЭНЕРГОАУДИТ

Energy saving • Power engineering • Energy audit

Общегосударственный научно производственный и информационный журнал



Специальный  
выпуск Т. 1  
№ 8 (114)  
август 2013 г.



# ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ЭНЕРГЕТИКА ЭНЕРГОАУДИТ

Energy saving • Power engineering • Energy audit

Специальный  
выпуск, Т 1

Общегосударственный научно-производственный и информационный журнал

### Редакционный совет

- |                  |                     |
|------------------|---------------------|
| Дулуб В. Г.      | – председатель      |
| Бабаев В. Н.     | – зам. председателя |
| Колесников А. А. | – зам. председателя |
| Мехович С. А.    | – зам. председателя |
| Белли С. В.      | Кирик С. В.         |
| Шаголев С. Н.    | Тютенко С. М.       |
| Головки С. Г.    | Товажнянский Л. Л.  |
| Дупак А. С.      | Фадеев В. А.        |
| Взбрейчук А. С.  | Шкодовский Ю. М.    |

### Редакционная коллегия

- Мехович С. А., – председатель, гл. редактор, канд. экон. наук, профессор, академик АН Высшего образования Украины
- Бекбаев А. Б., д-р техн. наук, профессор, Казахстан, г. Алма-Ата
- Бойко А. В., д-р техн. наук, профессор, Института Э. Г., д-р техн. наук, профессор, академик АН Высшего образования Украины
- Горюхов Ф. П., д-р техн. наук, профессор, вице-президент АН Высшего образования Украины
- Грибченко А. И., д-р техн. наук, профессор, академик инженерной АН Украины
- Деряжкий В. Г., д-р техн. наук
- Евдокимов А. В., д-р техн. наук, профессор, академик АН Высшего образования Украины
- Клишневский С. Н., д-р экон. наук, профессор
- Клишневский В. Б., д-р техн. наук, профессор, академик инженерной АН Украины
- Клишневский Мечислав, д-р техн. наук, профессор, Польша, Познань
- Клишневский И. В., д-р техн. наук, профессор
- Клишневский В. М., д-р техн. наук, профессор, академик АН Высшего образования Украины
- Клишневский Дёрль, д-р экон. наук, профессор, Белоруссия, Минск
- Клишневский Анастасис, д-р техн. наук, профессор, Греция, Афины
- Клишневский В. А., д-р техн. наук, профессор, академик АН Высшего образования Украины
- Клишневский А. В., д-р экон. наук, профессор
- Клишневский А. П., д-р техн. наук, профессор, академик АН Высшего образования Украины
- Клишневский Ю. М., академик НАН Украины
- Клишневский В. А., д-р экон. наук, профессор
- Клишневский Г. Б., д-р техн. наук, профессор, Институт Энергетики, Москва
- Клишневский Д. А., д-р экон. наук, профессор
- Клишневский Франк, д-р техн. наук, профессор, Германия, Магдебург
- Клишневский О. В., д-р экон. наук, профессор
- Клишневский П. Г., д-р экон. наук, профессор
- Клишневский В. С., д-р техн. наук, профессор, Институт Энергетики, Белград
- Клишневский Е. И., д-р техн. наук, профессор, академик АН Высшего образования Украины
- Клишневский А. Д., д-р техн. наук, профессор
- Клишневский Б. М., д-р техн. наук, профессор, Институт Энергетики, Белград
- Клишневский Г., д-р экон. наук, профессор, Германия, Магдебург
- Клишневский И., д-р экон. наук, профессор, Институт Энергетики, Белград
- Клишневский И., д-р экон. наук, профессор, Институт Энергетики, Белград

## Специальный выпуск Том 1

К 50-летию со дня основания  
кафедры промышленной и биомедицинской  
электроники  
Национального технического университета  
«Харьковский политехнический институт»

Т. Б. Никитина, М. О. Татарченко РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТОХАСТИЧЕСКОГО РОБАСТНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВУХМАССОВОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ.....	156	Н. П. Ключко, Г. С. Хрипунов, Н. Д. Волкова, В. Р. Копач, А. В. Момотенко, В. Н. Любов ЭЛЕКТРОСАЖДЕННЫЕ ПЛЕНОЧНЫЕ КОМПОЗИЦИИ ДЛЯ ПРЕКУРСОРОВ КЕСТЕРИТНЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	215
А. В. Заграничный, В. В. Роголь МЕТОДИ ФОРМУВАННЯ ЗОНДУВАЛЬНОЇ НАПРУГИ В ПРИСТРОЯХ ЯДЕРНОГО МАГНІТНОГО РЕЗОНАНСУ.....	159	В. М. Михальський, С. Й. Полищук, В. М. Соболев, В. В. Чопик, І. А. Шаповал СПОСОБИ МІНІМІЗАЦІЇ НЕБАЖАНИХ СКЛАДОВИХ МИТТЄВОЇ ПОТУЖНОСТІ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПАРАЛЕЛЬНИХ АКТИВНИХ ФІЛЬТРІВ.....	224
Н. Н. Кузнецов УПРАВЛЕНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ ПО ВИБРОАКУСТИЧЕСКИМ СИГНАЛАМ.....	161	<b>ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ И КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ</b> А. Ф. Жаркін, А. Г. Пазеев ВИБІР ПАРАМЕТРІВ ВИХІДНИХ ЛАНЦЮГІВ АКТИВНИХ КОРЕКТОРІВ КОЕФІЦІЕНТУ ПОТУЖНОСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ БЕЗПЕРЕРВНИХ НАБЛИЖЕНИХ МОДЕЛЕЙ.....	227
В. В. Колесник, Т. А. Хиженя ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ОСНОВА ДЛЯ ПОБУДОВИ АЛГОРИТМІВ КЕРУВАННЯ СИСТЕМАМИ Е. ЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ MICROGRID.....	164	Ф. П. Говоров, Д. А. Белоусов СНИЖЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ, СОЗДАВАЕМЫХ СВЕТОДИОДНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ ЗАГРАДИТЕЛЬНОГО ОГНЯ.....	233
<b>ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА СИЛОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ</b> В. Н. Дохов, Н. М. Каложный, В. И. Колесник, А. В. Кипенский, В. В. Колесник МЕТОД ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕРРИТОРИАЛЬНО-РАСПРЕДЕЛЕННЫХ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ МОНИТОРИНГОВЫХ СИСТЕМ.....	168	В. А. Новский, А. В. Козлов, П. С. Бойко, Д. А. Малахатка ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ В ТРЕХФАЗНОЙ СИСТЕМЕ ПРИ ПОДКЛЮЧЕНИИ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ.....	235
В. Н. Сидорен, А. И. Бушма, А. М. Жерносеков ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ С ХАОТИЧЕСКИМИ КОЛЕБАНИЯМИ ТОКА ДЛЯ ИМПУЛЬСНО-ДУГОВЫХ СВАРОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	173	И. В. Волков, Ю. В. Маруна ОДНОФАЗНО- ТРЕХФАЗНЫЕ ФИЛЬТРЫ ГАРМОНИК ТОКА .....	241
М. Г. Борисюк ЦИФРОВОЙ СТАБИЛИЗАТОР ЛАЗЕРНОГО ЛУЧА ТАНКОВОГО ПРИЦЕЛА-ДАЛЬНОМЕРА.....	177	АБСТРАКТ.....	244
Г. П. Хрипунов, Н. П. Ключко, В. А. Новиков, Н. Н. Удянский, Т. П. Хрипунова, Н. А. Ковтун РАЗРАБОТКА БАЗОВЫХ СЛОЕВ ДИОКСИДА ОЛОВА ДЛЯ БАЗОВЫХ ДАТЧИКОВ АБСОРБЦИОННО-ПОЛУПРОВОД- НИКОВОГО ТИПА.....	179	К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ И ПОДПИСЧИКОВ.....	251
В. П. Мезинов, Л. Д. Писаренко, А. И. Шевченко ЧИСЛЕННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ПОДХОД И РАБОЧИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФРОНТАЛЬНЫХ Р-Н ПЕРЕХОДОВ.....	182		
В. П. Степанов ИНФОРМАТИВНЫЕ СВОЙСТВА АВТОНОМНЫХ ИНВЕРТОРОВ.....	187		
В. П. Пазеев, А. В. Обрубов ИНТЕЗ РЕЗОНАНСНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ.....	189		
В. Р. Копач, А. В. Кипенский, К. В. Колесник, М. А. Шишкин МОНІТІРІНГОВИЙ ПОСТ ІМПАКТНОГО СМОНІТІРІНГА НА ОСНОВЕ СМ-КОНТРОЛІВЕРА.....	195		
В. Р. Копач, І. Галкін VOICE OF THE MOSFET DRIVERS FOR THE INVERTER UTILIZED AS DIMMABLE LED DRIVER.....	202		
В. Р. Копач, Сергей Полищук, Тарас Мысак ПРОГРАММА ТЕПЛООВОГО РАСЧЕТА SEMISEL 4.1...208			

microprocessor control system. The flow-diagram of the algorithm of the system operation and graphs of process to automatically flow control are stated. References 6, figures 4.

**Key words:** ozone-oxygen mixture, medical ozone generator, flow control, the method of pulse-width modulation, the microprocessor control system.

1. Maslennikov O. V., Kontorshchikova K. N. Practical ozone therapy: A guide. – N. Novgorod: Publ. «Vector-TiS», 2003. – p. 52.

2. Maslennikov O. V., Kontorshchikova K.N. Ozone Therapy: Internal illnesses. . – N. Novgorod: Publ. «Vector-TiS», 2003. – P. 132.

3. About the features of controlling the concentration of ozone in medical ozone generators E.I. Sokol, A.V. Kipenskiy, A.A. Lapshin [and other] // Materials of scientific and practical conf. «New technologies of healing by natural and preformed factors». – Kharkiv: KMAAE, 2002. – P.229–231.

4. Sokol E.I., Kipenskiy A.V., Lapshin A.A. Compensation perturbation in the regulation of the parameters of ozone-oxygen mixture in the medical ozone generators // Nizhny Novgorod Medical Journal. Appendix: Ozone therapy. – Nizhny Novgorod, 2003. – p.313-315.

5. The Analysis of Technical Solutions for Medical Ozonators / Sokol E.I., Kipenskiy A.V., Kulichenko V.V., Tomashevskiy R.S., Barkhotkina T.M. // 2013IEEE XXXIII International Scientific Conference Electronics and Nanotechnology (ELNANO). April 16-19, 2013, Kyiv, Ukraine – p. 262-265.

6. Kremlevskiy P.P. Flowmeters and amount counters: Directory. – 4th pub. reproc. and comp. – L.: Engineering, Leningrad. department, 1989. – p. 701.

УДК 621.3.01

Т. Б. Никитина, М. О. Татарченко

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков, Украина, e-mail: bikuznetsov@mail.ru

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТОХАСТИЧЕСКОГО РОБАСТНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВУХМАССОВОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ

*Разработана методика экспериментального исследования стохастического робастного управления двухмассовой электромеханической системой. Синтез стохастического робастного управления, минимизирующего анизотропийную норму, сводится к решению двух уравнений Риккати, уравнения Ляпунова и одного алгебраического уравнения. Приведен пример экспериментальных характеристик системы. Библ. 2, рис. 2.*

**Ключевые слова:** экспериментальные исследования, стохастическое робастное управление, двухмассовая электромеханическая система.

*Розроблена методика експериментального дослідження стохастичного робастного управління двома масовою електро механічною системою. Синтез стохастичного робастного управління, що мінімізує анізотропійну норму, зводиться до вирішення двох рівнянь Ріккати, рівняння Ляпунова і одного рівняння алгебри. Наведений приклад експериментальних характеристик системи. Бібл. 2, мал. 2.*

**Ключові слова:** експериментальні дослідження, стохастичне робастне управління, двома масова електро механічна система.

### Введение

Характерным режимом работы многих систем управления является отработка случайных задающих воздействий либо компенсация случайных внешних возмущающих воздействий широкого спектра частот. В последнее время интенсивно развивается теория стохастического робастного управления [1].

### Постановка задачи и цель работы

Системы стохастического робастного управления обладают рядом преимуществ. Во-первых, они робастно устойчивы, т. е. сохраняют устойчивость при изменении параметров объекта управления в определенных пределах. Во-вторых, они имеют существенно меньшую чувствительность к изменению параметров объекта управления по сравнению с оптимальными

системами, несмотря на то, что динамические характеристики стохастических робастных систем могут незначительно отличаться от соответствующих характеристик оптимальных систем. Поэтому вопросы проектирования систем управления, работающих при случайных задающих и возмущающих воздействиях, являются актуальными.

**Целью** данной работы является разработка методики экспериментального исследования стохастического робастного управления двухмассовой электромеханической системы. Задачей статьи является синтез и исследование динамических характеристик стохастической робастной системы управления двухмассовой электромеханической системы.

### Проведение экспериментальных исследований

В работе [2] рассмотрены вопросы разработки методики экспериментального исследования робастных систем управления главными приводами прокатных станов на стенде двухмассовой электромеханической системы. На рис. 1 показана схема изучаемой системы. Механическая часть стенда выполнена на базе двух однотипных микродвигателей постоянного тока ДПТ-25-Н2. Преобразователем электрической энергии в механическую является микродвигатель Д1, а микродвигатель Д2 формирует величину нагрузки для Д1. Валы двигателей Д1 и Д2 соединены упругой передачей. Управление первым двигателем осуществляется от преобразователя П1 с помощью регулятора положения РП первого двигателя по сигналу с датчиков положения ДП1 либо ДП2 первого либо второго двигателей. С помощью второго двигателя создается момент нагрузки. Для имитации случайного воздействия на систему на вход второго двигателя подается случайный сигнал с выхода формирующего фильтра ФФ в виде колебательного звена. На вход формирующего фильтра подается сигнал типа белого шума от генератора случайных сигналов ГСС. Характеристики случайного изменения момента нагрузки определяются параметрами формирующего фильтра и собственно двигателя.

На схеме не показан микроконтроллер, с помощью которого осуществляется обмен информацией между стендом и ПЭВМ, преобразователи АЦП и ЦАП, а также контроле управления преобразователями П1, П2 с помощью которых формируется управляющие напряжения на первый Д1 и второй Д2 двигатели.

Рассмотрим методику синтеза стохастического робастного регулятора в форме пространства состояний, с помощью которого минимизируется анизотропийная норма системы. Этот регулятор формирует управляющее воздействие на вход системы по ее измеряемому выходу и представляет собой динамический блок типа компенсатора, объединяющий робастный наблюдатель и робастный регулятор. Анизотропийная норма системы характеризует не анизотропию дискретных последовательностей на входе и выходе системы, а чувствительность системы в среднем к случайным входным последовательностям со средним уровнем анизотропии равным  $a$ . Причем, при нулевой анизотропии  $a=0$  входной дискретной последовательности анизотропийная норма системы равна  $H^2$  норме системы, а при бесконечной анизотропии  $a \rightarrow \infty$  входной дискретной последовательности анизотропийная норма системы равна  $H^\infty$  норме системы.

Решение задачи синтеза стохастического робастного регуляторов сводится к вычислению трех алгебраических уравнений Риккати, уравнения Ляпунова и уравнения специального вида для вычисления уровня анизотропии входного сигнала. Для решения уравнения Риккати используется алгоритм для нахождения обобщенных собственных векторов Шура, а для решения уравнения Ляпунова используется алгоритм Шура для унитарной триангуляции матриц.

На рис. 2 показаны реализации случайных процессов угла поворота второго двигателя в системе, замкнутой по углу поворота второго двигателя: а) с типовым регулятором и б) с робастным регулятором. Как видно из этих рисунков, максимальное отклонение угла поворота второго двигателя в системе управления с типовым регулятором составляет  $\Delta\varphi_2=0,55$  рад, а в системе управления с робастным регулятором максимальное отклонение угла поворота второй массы составляет  $\Delta\varphi_2=0,2$  рад.

### Выводы

Таким образом, применение робастного регулятора в системе управления с обратной связью по углу поворота второго двигателя при случайном изменении момента нагрузки позволяет уменьшить ошибку регулирования угла поворота более чем в 2 раза.

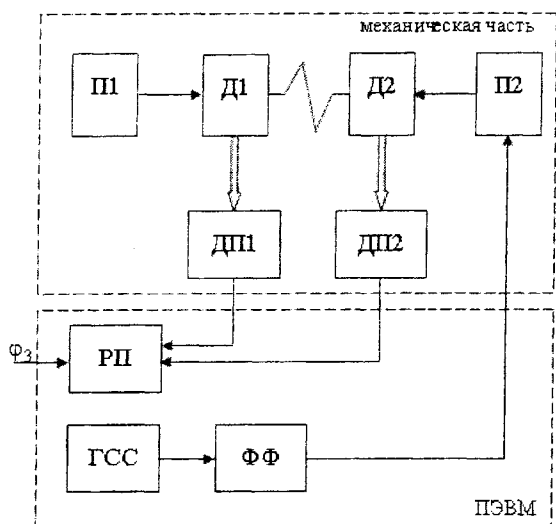
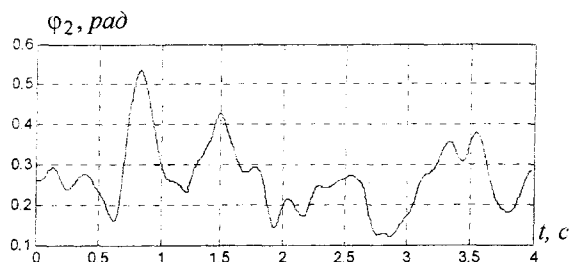
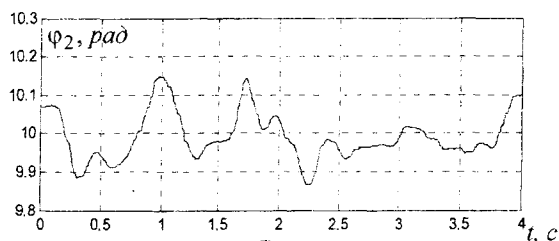


Рис. 1.



а)



б)

Рис. 2.

Как показали экспериментальные исследования, случайное изменение момента сопротивления на второй двигатель практически совпадает с напряжением на якорной цепи с точностью до коэффициента пропорциональности, и, следовательно, спектральные характеристики случайного изменения момента сопротивления определяются параметрами формирующего фильтра ФФ.

#### Список литературы

1. Никитина Т. Б. Синтез анизотропного стабилизатора основного вооружения танка в горизонтальной плоскости // Технічна електродинаміка. – 2009. – №2. – С. 35–40.
2. Кузнецов Б. И., Никитина Т. Б., Волошко А. В., Виниченко Е. В. Экспериментальное исследование робастного управления главными приводами прокатных станов с учетом их взаимного влияния через прокатываемый металл на стенде двухмассовой электромеханической системы // Технічна електродинаміка. – 2012. – № 2. – С. 79–80.

#### EXPERIMENTAL RESEARCH REZALT OF STOCHASTIC ROBUST CONTROL EFFICIENCY BY TWOMASS ELECTROMECHANICS SYSTEM

T. B. Nikitina, M. O. Tatarchenko  
National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»  
e-mail: bikuznetsov@mail.ru

*Experimental research method of stochastic robust control by twomass electromechanics system is developed. The synthesis of the stochastic robust control, which minimizing an anisotropic norm, is taken to the decision of two Rikkati equation, Lyapunova equation and one algebraic equation. Example of experimental descriptions of system is resulte. References 2, figures 2.*

**Key words:** *experimental researches, stochastic robust control, twomass electromechanics system.*

1. Nikitina T. B. Robust control stochastic synthesis by the horizon electric drive for basic tank armament / Tekhnichna elektrodynamika – 2009. – №2. – P. 35–40 (Rus.).
2. Kuznetsov B. I., Nikitina T. B., Voloshko A. V., Vinichenko E. V. Experimental research of robust control for rolling mills main drives with related through the rolled metal on twomass electromechanics system stand / Tekhnichna elektrodynamika. – 2012. – № 2. – P. 79 – 80 (Rus.).

**Расценки на рекламу в журнале  
«Энергосбережение · Энергетика · Энергоаудит»**

Рекламный блок	Размер блока, характеристика	Расценки, грн
Обложка, первая страница (цвет)	1 полоса	3000
Обложка, вторая, третья, четвёртая страницы (цвет)	1 полоса	3000
Обложка, вторая, третья, четвёртая страницы (цвет)	1/2 полосы	1500
Рекламные блоки (чёрно-белые) в текстовой части журнала	1 полоса	1500
Рекламные блоки (чёрно-белые) в текстовой части журнала	1/2 полосы	750
Рекламные блоки (чёрно-белые) в текстовой части журнала	1/4 полосы	350
Рекламные блоки (чёрно-белые) в текстовой части журнала	1/8 полосы	200

Рекламу присылать по почте, передавать факсом, подавать на диске 3,5" с электронной версией или электронной почтой на адрес:  
E-mail: sveco\_ltd@rambler.ru, sveco\_zhurn@bigmir.net  
Дополнительную информацию можно получить по телефону (057) 7-149-451 с 9<sup>00</sup> до 18<sup>00</sup>.

**Журнал издается при поддержке:**

Национального агентства по вопросам обеспечения эффективного использования энергетических ресурсов (НАЭР)  
Государственной инспекции по энергосбережению  
Государственного предприятия «Энергорынок»  
Харьковской областной государственной администрации  
Украинской ассоциации инженеров-электриков  
Научно-технического Союза энергетиков и электротехников Украины  
Академии наук Высшего образования Украины (секция энергетики и ресурсосбережения)

Перелечатка материалов из журнала «Энергосбережение · Энергетика · Энергоаудит» осуществляется по согласованию с редакцией журнала. Редакция не несет ответственность за достоверность информации, опубликованной в рекламных объявлениях.

Журнал внесено до переліку фахових видань ВАК України з технічних і економічних наук. Затверджено постановами ВАК України від 01.07 2010 р. №1-05/5 та від 23.02 2011 р. № 1-05/2.

*Главный редактор*

**С. А. Мехович**,  
канд. экон. наук, профессор, академик  
АН Высшего образования Украины

*Заместитель главного редактора*

**В. А. Маляренко**,  
д-р техн. наук, профессор, академик  
АН Высшего образования Украины

*Заместитель главного редактора*

**М. И. Ходак**

*Заместитель главного редактора*

**Ю. В. Третьяченко**

*Заместитель главного редактора*

**И. Г. Пестова**

*Заместитель главного редактора*

**А. С. Мехович**

*Ответственный секретарь*

**А. М. Ганжа**,  
канд. техн. наук

*Научные консультанты:*

**Н. И. Погорелов**,  
канд. экон. наук, профессор, академик  
АН Высшего образования Украины

**И. А. Немировский**,  
канд. техн. наук, доцент

Журнал основан в 1997 г.

Регистрационное свидетельство

КВ 16921-5691 от 15.07 2010 г.

Подписной индекс: 91295

Периодичность – 1 раз в месяц

Тираж 1000 экз.

**Учредители издания:**

Национальный технический университет

«Харьковский политехнический институт»,

ООО «Северо-восточная энергетическая компания «СВЭКО»»,

Регистрационное свидетельство

АОО № 171256 от 06.08 2004 г.

ул. Мироносицкая, 60, г. Харьков, 61002

**Адрес редакции:**

ул. Мироносицкая, 60, г. Харьков, 61002

тел/факс: (057) 7149-451,

E-mail: sveco\_ltd@rambler.ru

Сайт: eee-journal.com.ua

**Отпечатано в типографии «БЭТ»**

61002, г. Харьков,

ул. Мироносицкая, 60

Рекомендовано к печати

Ученым советом НТУ «ХПИ»

Протокол № 6 от 05.07 2013 г.

Подписано к печати 12.08 2013 г.

Формат 60×84¼. Печать цифровая.

Усл. печ. л. 3,52 Уч.-изд. л. 3,82

Изд. № -04. Зак. № 1717

© **ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ · ЕНЕРГЕТИКА · ЕНЕРГОАУДИТ**  
*Загальнодержавний науково-виробничий і інформаційний журнал, 1997-2013 рр.*  
Язык издания – украинский, русский, английский