

Социально-  
экономические  
проблемы  
электропривода

Теория  
электропривода

Электро  
механические  
системы  
автоматизации

Системы  
промышленного  
электропривода

Энергосбережение  
средствами  
электропривода

Элементы  
электропривода

Диагностика  
электроприводов

Нейронные сети  
и фаззи-логика в  
электромеханике

Учебный процесс

Дискуссии

Информация

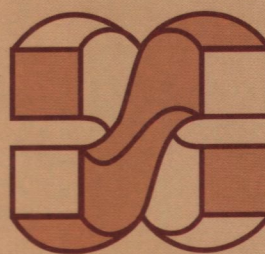
Вестник Национального Технического Университета «ХПИ» . Тематический выпуск

# ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

ПРОБЛЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ  
Теорія і практика

PROBLEMS OF AUTOMATED ELECTRODRIVES  
Theory and practice

DIE PROBLEME DES AUTOMATISIERTEN  
ELECTROANTRIEBES  
Die Theorie und die Praxis





**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Національний технічний університет «ХПІ»**

# **ВІСНИК**

**Національного технічного університету**  
**«Харківський політехнічний інститут»**

**Серія:**

## **ПРОБЛЕМИ** **АВТОМАТИЗОВАНОГО** **ЕЛЕКТРОПРИВОДУ** **ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА**

**(спеціальний випуск)**

№ 36 (1009) 2013

Збірка наукових праць

Видання засноване у 1961 г.

Харків 2013

**Вісник Національного технічного університету «ХПІ».** Збірник наукових праць. Серія: Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика. – Х. : НТУ «ХПІ». – 2013. – № 36(1009). – 600 с.

У Віснику надані результати наукових досліджень і розробок, виконані викладачами, докторантами й аспірантами вищої школи, НАН України, науковими співробітниками науково-дослідних і проектно-конструкторських організацій, працівниками промислових підприємств, а також рекомендовані редколегією статті з проблем автоматизованого електроприводу та підготовки кадрів з напрямку «Електромеханіка».

Викладено нові методи аналізу і синтезу електромеханічних систем, розробки сучасних промислових електроприводів, їхніх елементів та діагностики. Значна увага приділена питанням енергозбереження. Наведено результати робіт із застосуванням нейронних мереж та фаззі-логіки для удосконалення керування електромеханічними системами, розглянутий стан мікро- і наноелектромеханічних систем.

The Bulletin presents results of research and application developments accomplished by lecturers, doctors, and post-graduate students of higher education institutes as well as by specialists of National Academy of Sciences of Ukraine, research and design bureaux, and industrial enterprises. Also articles on problems of automated electric drive and electromechanical engineers training recommended by the Editorial Board are included.

The issue introduces new techniques of both analysis and synthesis of electromechanical systems, development and diagnostics of modern industrial electric drives and their components. Much attention is paid to problems of energy saving. Results of implementation of artificial neural networks and fuzzy logic into electromechanical systems control advancement, condition of micro and nanoelectromechanical systems are given.

**Державне видання.**

**Свідоцтво Держкомітету з інформаційної політики України КВ № 5256 від 2 липня 2001 року**

*Вісник Національного технічного університету «ХПІ» внесено до «Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук», затвердженого постановою Президії ВАК України від 26 травня 2010 р., № 1 – 05/4 (Бюлетень ВАК України, №6, 2010 р., с. 3, №20).*

**Редакційна колегія серії:** д.т.н. В.Б. Клепиков (головний редактор), академік НАН України А.В. Кириленко, член-корр. НАН України І.В. Волков, д.т.н. Л.В. Акімов, д.т.н. О.А. Андрущенко, д.т.н. О.С. Бешта, д.т.н. В.А. Водічев, д.т.н. Р.П. Герасимьяк, д.т.н. В.В. Грабко, д.т.н. В.Т. Долбня, д.т.н. Г.Г. Жемеров, проф. В.І. Калашников, д.т.н. М.В. Загірняк, д.т.н. Б.І. Кузнєцов, д.т.н. О.Ю. Лозинський, проф. О.І. Мотченко, к.т.н. О.В. Осічев (відповідальний секретар), д.т.н. С.М. Пересада, д.т.н. М.Г. Попович, д.т.н. Д.Й. Родькін, член-корр. НАН України В.Ю. Розов, д.т.н. О.В. Садовой, д.т.н. О.І. Толочко, д.т.н. О.П. Чорний, к.т.н. В.М. Шамардина, д.т.н. М.М. Юрченко.

З номеру 42'2012 Вісник НТУ «ХПІ» має подвійну нумерацію: № 42(948)2012

*У квітні 2013 р. Вісник Національного технічного університету «ХПІ», серія «Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика», включений у довідник періодичних видань бази даних **Ulrich's Periodical Directory (New Jersey, USA)**.*

Рекомендовано до друку Вченою радою НТУ «ХПІ»  
Протокол № 6 від « 25 » травня 2013 р.

**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE**  
**National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»**

# **TRANSACTIONS**

**o f**

**National Technical University**  
**«Kharkiv Polytechnic Institute»**

**CHAPTER:**

## **PROBLEMS OF AUTOMATED ELECTRIC DRIVE**

**Theory and practice**

**(Special issue)**

**№ 36 (1009) 2013**

collection of scientific papers

Founded in 1961

Kharkiv 2013

**Палис Ф., Штаман М., Кишнер Ю., Наний В.В., Дунев А.А., Егоров А.В.**  
 Двигатель с поперечным магнитным полем – компьютерные и экспериментальные исследования .....287

**Балковой А.П., Головин А.О., Рассудов Л.Н., Сливинская Г.А, Толстых О.А., Тяпкин Г.М.**  
 Новые разработки линейного сервопривода на кафедре АЭП НИУ МЭМ.....291

**Ковбаса С.Н., Воронко А.Б.**  
 Высокопроизводительный унифицированный контроллер на основе DSP TMS320F28335 для  
 электромеханических систем .....293

**Сивокобыленко В.Ф., Ткаченко С.Н.**  
 Расчёт режимов пуска асинхронного электропривода с учётом вытеснения тока и температуры  
 нагрева ротора .....297

**Kayser K.H.**  
 Integration sicherer antriebsfunktionen nach norm IEC 62061 .....299

**Петрушин В.С., Якимец А.М., Бангула В.Б.**  
 Выбор модулей независимой вентиляции для регулируемых асинхронных двигателей .....301

**Гаспарян А.С., Терёбков А.Ф., Храмцова М.**  
 Бесконтактный дисковый генератор на постоянных магнитах с переменным воздушным зазором.....304

**Mamchur D.G.**  
 The software for induction motors diagnostic system based on electrical signals analysis.....307

**Синчук И.О., Омельченко А.В.**  
 К вопросу выбора типа двигателей для рудничных контактных электровозов.....310

**Мороз В.І., Сольський М.І., Головач І.Р.**  
 Умови реалізації цифрових регуляторів на цифрових системах з обмеженою розрядністю .....313

**Крюков О.В., Степанов С.Е.**  
 Микропроцессорный идентификатор угла нагрузки приводных двигателей турбокомпрессоров .....315

**Самчелев Ю.П., Дрючин В.Г., Белоха Г.С.**  
 Универсальный высокоэффективный источник питания для электроприводов постоянного и  
 переменного тока.....317

**Осадчук Ю.Г., Козакевич И.А., Удовенко О.А.**  
 Исследование многоуровневого инвертора напряжения, построенного по модульному принципу,  
 при работе на низких частотах .....322

**Котенев В.В., Мартынюк В.В.**  
 Устройство антикоррозионной защиты с управлением по прерыванию импульсного напряжения .....326

**Войтенко В.А.**  
 Регулятор с двойным интегрированием .....328

**Зюзов А.М., Метельков В.П.**  
 Определение параметров термодинамической модели асинхронного двигателя для повторно-  
 кратковременного режима работы.....330

**Садовой А.В., Калюжный В.В., Калюжный С.В.**  
 Особенности электромагнитных процессов в схемах преобразователей и электроприводов с  
 питанием от источников тока.....332

**Кузнецов В.В., Николенко А.В., Иващенко В.П.**  
 Разработка структуры генератора случайных изменений напряжений в электрических сетях  
 промышленных предприятий .....338

**Пономарёв Д.С.**  
 Синтез регулятора скорости двухмассовой системы электропривода с максимальным  
 электромеханическим взаимодействием .....341

**Анищенко Н.В., Савченко С.И.**  
 Математическая модель асинхронного электропривода мехатронного модуля главного движения  
 токарного станка.....344

**Кузнецов Б.И., Никитина Т.Б., Бовдуй И.В., Волошко А.В., Виниченко Е.В., Котляров Д.А.**  
 Замкнутая система активного экранирования магнитного поля вблизи токопроводов  
 электростанций .....347

**Кузнецов Б.И., Пелевин Д.Е., Бовдуй И.В., Волошко А.В., Виниченко Е.В., Котляров Д.А.**  
 Исследование эффективности системы активного экранирования магнитного поля вблизи  
 токопроводов электростанций.....349

**Мирошник Д.Н.**  
 Идентификация тока источника при регулировании напряжения звена постоянного тока  
 преобразователя частоты в системе векторного управления .....351

**Семернин А.Н.**  
 Экспериментальные исследования термомеханических колебаний в электромагнитном поле  
 медной проволоки натянутой в струну .....353

## ЗАМКНУТАЯ СИСТЕМА АКТИВНОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ВБЛИЗИ ТОКОПРОВОДОВ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

**Постановка проблемы, связь с научными и практическими задачами.** Для создания комфортных условий работы, а также для выполнения экологических норм внутри рабочих помещений энергонасыщенных объектов во всем мире проводятся интенсивные исследования и комплекс мероприятий по поддержанию параметров магнитного поля в связи с тем, что магнитное поле промышленной частоты является канцерогенным и приводит к раковым заболеваниям.

**Анализ последних достижений и публикаций по данной проблеме.** Существующие системы активного экранирования техногенного магнитного поля, как правило, являются разомкнутыми. В работах [1-2] рассмотрены вопросы построения системы управления магнитным полем с помощью системы специальных управляемых источников магнитного поля – обмоток с регулируемым током, установленных в зоне, где необходимо поддерживать параметры внутреннего магнитного поля в заданных пределах.

Однако в этих работах не рассмотрены принципы построения и результаты экспериментальных исследований замкнутой системы активного экранирования магнитного поля промышленной частоты вблизи токопроводов электростанций.

**Цель работы.** Целью данной работы является разработка методики синтеза и экспериментальных исследований макета замкнутой системы активного экранирования магнитного поля промышленной частоты вблизи токопроводов электростанций. Задачей работы является проведение экспериментальных исследований макета замкнутой системы активного экранирования магнитного поля промышленной вблизи токопроводов электростанций.

**Изложение материала исследования, полученных научных результатов.** В научно-техническом центре магнетизма технических объектов НАН Украины разработан и изготовлен физический макет замкнутой системы активного экранирования магнитного поля на рабочем месте вблизи токопровода электростанции, схема которого показана на рис. 1.

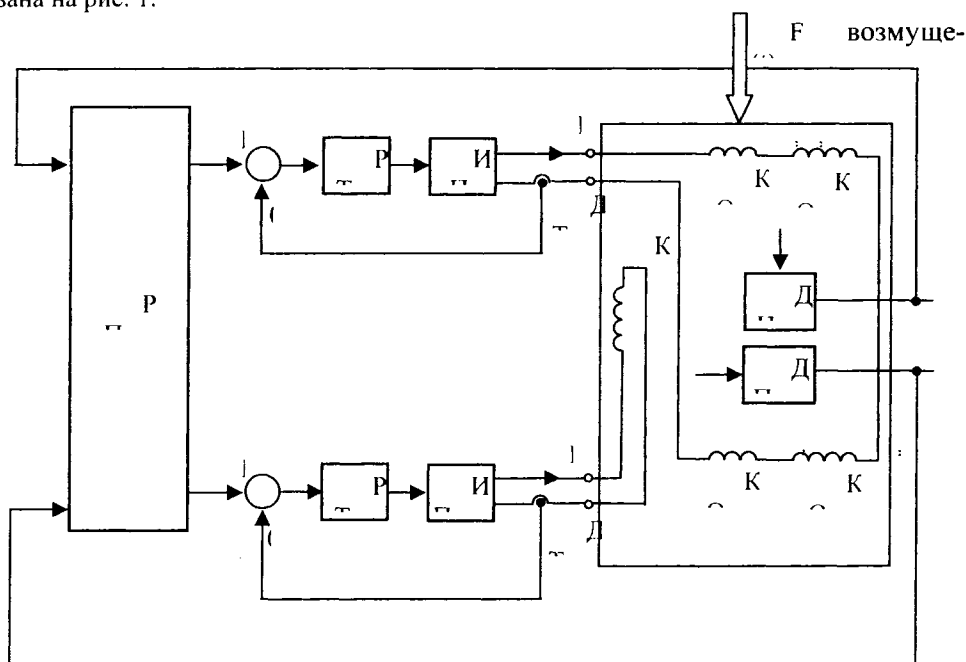


Рис. 1 Схема макета замкнутой системы активного экранирования магнитного поля на рабочем месте вблизи токопровода электростанции

Макет замкнутой системы активного экранирования состоит из пяти компенсационных обмоток (КО), охватывающих рабочее место и формирующих компенсирующее магнитное поле. Секционные обмотки в вертикальной и горизонтальной плоскостях запитываются от соответствующих источников питания (ИП) и содержат

внутренние контуры тока с датчиками тока (ДТ) и регуляторами тока (РТ). Система активного экранирования построена по замкнутому принципу. Для формирования обратных связей и замыкания системы по полю в центре изучаемого пространства установлены два датчика поля ДП, ориентированные по координатам  $x$  и  $z$  и измеряющие индукцию магнитного поля в направлении координат  $x$  и  $z$ . Заданные значения токов в компенсирующих обмотках формируются с помощью регулятора поля (РП), с помощью которого и настраивается система активного экранирования магнитного поля на рабочем месте вблизи токопровода электростанции.

**Результаты экспериментальных исследований.** Рассмотрим работу системы управления в замкнутом состоянии. Вначале система управления была замкнута по каналу  $z$ . При включении одного канала по координате  $z$  уровень индукции в точке измерения изменялся следующим образом по координате  $x$  увеличился в 1,7 раз с 0,18 мкТ до 0,3 мкТ; по координате  $y$  уменьшена в 15 раз с 0,15 мкТ до 0,01 мкТ; по координате  $z$  уменьшена в 11 раз с 1,26 мкТ до 0,11 мкТ. На рис. 1 показаны линии равного уровня распределения индукции магнитного поля в центральном сечении ортогонально оси  $z$  по трем координатам  $x$ ,  $y$  и  $z$ . Таким образом, при включении только одного канала по координате  $z$  уровень индукции поля по этой же координате  $z$  в точке измерения уменьшилась более чем в десять раз.

При включении только одного канала по координате  $x$  уровень индукции поля по этой же координате  $x$  уменьшился в 1,8 раза с 0,18 мкТ до 0,1 мкТ; по координате  $y$  уменьшился в 2,5 раз с 0,15 мкТ до 0,06 мкТ; по координате  $z$  уменьшится в 1,2 раза с 1,15 мкТ до 0,95 мкТ. Таким образом, включение только одного канала по координате  $z$  приводит к возрастанию индукции по координате  $x$ , а включение только одного канала по координате  $x$  приводит к некоторому уменьшению индукции по координате  $z$ .

При включении обоих каналов уровень индукции магнитного поля в центре рассмотренного пространства, где расположены датчики поля, уменьшился: по координате  $x$  в четыре раза с 0,18 мкТ до 0,04 мкТ; по координате  $y$  в три раза с 0,15 до 0,05 мкТ и по координате  $z$  в пять раз с 1,26 мкТ до 0,25 мкТ. На рис. 1 показаны линии равного уровня распределения индукции магнитного поля в центральном сечении ортогонально оси  $z$  по трем координатам  $x$ ,  $y$  и  $z$ . Таким образом, одновременное замыкание каналов координатам  $x$  и  $z$  приводило к некоторому увеличению напряженности поля по координате  $z$  в два раза по сравнению с уровнем индукции при работе только одного канала по координате  $z$ .

Слабая эффективность компенсации индукции магнитного поля по координате  $x$  с помощью канала объясняется достаточно слабым сигналом датчика и тем, что система практически работает на уровне шумов датчика. Для повышения эффективности работы канала по координате  $x$  сместим датчик поля ближе к линии, там где индукция магнитного поля по координате  $x$  существенно больше, чем в центре и составляет 0,67 мкТ против 0,18 мкТ. При таком положении датчика поля включение канала по координате  $x$  приводят к уменьшению уровня индукции магнитного поля в точке установки датчика поля в 16 раз с 0,67 мкТ до 0,04 мкТ, однако в центре уровень индукции магнитного поля практически не изменялся и составляет около 0,18 мкТ. На рис. 1 показаны линии равного уровня распределения индукции магнитного поля в центральном сечении ортогонально оси  $z$  по трем координатам  $x$ ,  $y$  и  $z$ . При замыкании канала  $z$  при таком положении датчика наблюдается уменьшение уровня индукции магнитного поля по координате  $z$  в точке установки датчика в 3 раза, однако в центре уровень индукции магнитного поля по координате  $z$  изменяется незначительно. На рис. 1 показаны линии равного уровня распределения индукции магнитного поля в центральном сечении ортогонально оси  $z$  по трем координатам  $x$ ,  $y$  и  $z$ . Таким образом, при изменении положения датчика поля в пространстве канала системы уменьшают уровень индукции магнитного поля по соответствующим координатам только в области установки датчика.

**Выводы из проведенного исследования, перспективы этого направления.** Разработан и изготовлен физический макет замкнутой системы активного экранирования магнитного поля и проведены их экспериментальные исследования. При заданной конфигурации обмоток уровень активного экранирования искажений магнитного поля в макете замкнутой системы активного экранирования во всем пространстве рабочего места составляет около трех. При включении только одного канала по координате  $z$  уровень индукции поля по этой же координате в точке измерения уменьшилась более чем в десять раз. При включении обоих каналов уровень индукции магнитного поля в центре рассмотренного пространства, где расположены датчики поля, уменьшился: по координате  $x$  в четыре раза, по координате  $y$  в три раза и по координате  $z$  в пять раз.

#### Литература

1. Кузнецов Б.И., Пелевин Д.Е., Бовдуй И.В., Коломиец В.В., Котляров Д.А. Компенсация искажений магнитного поля промышленной частоты / Електротехнічні і енергозберігаючі системи. Тематичний випуск «Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія і практика». - №03(19) – 2012 – С. 135-136.

2. Кузнецов Б.И., Пелевин Д.Е., Бовдуй И.В. Синтез системы активного экранирования магнитного поля промышленной частоты / Технічна електродинаміка. – 2012. - № 2. – С. 131 - 132.

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**ВІСНИК  
НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ  
«ХПІ»**

Серія

**Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика**

(тематичний випуск)

№ 36 (1009)

Адреса редакційної колегії: 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21  
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,  
Тел. +38 (057) 707-62-26, 707-69-74, 707-64-45  
E-Mail eeau@kpi.kharkov.ua, eeau@ukr.net, eeau@mail.ru  
WEB <http://web.kpi.kharkov.ua/eeau/>

Комп'ютерна верстка О.А. Крохмальов

Підп. до друку 29.08.2013. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Папір офсетний. Друк офсетний. Гарнітура «Times».  
Ум. друк. арк. 81,38. Уч.-видл. 35. Тираж 300 прим. Зам. 121-13.

---

Видавничий центр НТУ «ХПІ».  
Свідоцтво про державну реєстрацію суб'єкта видавничої справи ДК № 3657 від 24.12.2009 р.  
61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

---