

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



# НАУКОВІ ПРАЦІ

ДОНЕЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО  
УНІВЕРСИТЕТУ

*Серія "Електротехніка  
та енергетика"*

**№ 2(15)**

**Донецьк - 2013**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**НАУКОВІ ПРАЦІ  
ДОНЕЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО  
УНІВЕРСИТЕТУ**

*Серія: “Електротехніка і  
енергетика”*

Всеукраїнський науковий збірник

Заснований у червні 2003

Виходить 2 рази на рік

*№2(15) '2013*

Донецьк – 2013

Друкується за рішенням Вченої ради державного вищого навчального закладу «Донецький національний технічний університет» (протокол № 3 від 19 квітня 2013).

В збірнику публікуються наукові статті співробітників електротехнічного факультету ДонНТУ та інших факультетів і університетів, які є науковими партнерами електротехнічного факультету. В них наведені результати наукових досліджень і розробок з питань електротехніки і енергетики.

Збірник розрахований на наукових співробітників, викладачів, інженерно-технічних працівників, а також аспірантів і студентів, які навчаються за напрямом “Електромеханіка” і “Електротехніка”.

**Засновник та видавець** – Донецький національний технічний університет

## РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головний редактор – О.А. Мінаєв, чл.-кор. НАН України, д-р техн. наук, проф.

Заступники головного редактора – Є.О. Башков, д-р техн. наук, проф.;

В.Ф. Сивокобиленко, д-р техн. наук, проф.

Відповідальний секретар – М.О. Смірнова, канд. техн. наук, доц.

С.Ф. Артюх, д-р техн. наук, проф., м. Харків, Україна;  
М.В. Гребченко, д-р техн. наук, проф., м. Донецьк, Україна;  
І.В. Жежеленко, д-р техн. наук, проф., м. Маріуполь, Україна;  
Є.Б. Ковальов, д-р техн. наук, проф., м. Донецьк, Україна;  
О.П. Ковальов, д-р техн. наук, проф., м. Донецьк, Україна;  
Е.Г. Курінний, д-р техн. наук, проф., м. Донецьк, Україна;  
П.Д. Лежнюк, д-р техн. наук, проф., м. Вінниця, Україна;  
В.І. Нагай, д-р техн. наук, проф., м. Новочеркаськ, Росія;  
Ф. Паліс, д-р техн. наук, проф., м. Магдебург, Німеччина;  
Ю.Л. Саєнко, д-р техн. наук, проф., м. Маріуполь, Україна;  
М.С. Сегеда, д-р техн. наук, проф., м. Львів, Україна;  
О.І. Толочко, д-р техн. наук, проф., м. Донецьк, Україна;  
М.М. Федоров, д-р техн. наук, проф., м. Донецьк, Україна;  
О.П. Чорний, д-р техн. наук, проф., м. Кременчук, Україна;  
О.О. Шавьолкін, д-р техн. наук, проф., м. Донецьк, Україна;  
П. Енафф, д-р техн. наук, м. Сержі-Понтуаз, Франція;  
О.С. Яндульський, д-р техн. наук, проф., м. Київ, Україна.

Збірник зареєстрований в Державному комітеті інформаційної політики, телебачення та радіомовлення України. Свідоцтво: серія КВ 7373 від 03.06.2003.

Збірник включено до переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (Постанова Президії ВАК України № 1-05/8 від 22 грудня 2010 р., надруковано в бюлетені ВАК № 2, 2011 р.).

<b>Лежнюк П.Д., Кулик В.В., Тептя В.В. ФОРМУВАННЯ ЦІНОВИХ ЗАЯВОК ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БАЛАНСУЮЧОГО РИНКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ</b> .....	166
<b>Лисенко В.А. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУГИ НУЛЬОВОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ РОЗПОДІЛЬНОЇ МЕРЕЖІ В ЧАСТОТНІЙ ОБЛАСТІ</b> .....	172
<b>Лозинський О.Ю., Паранчук Я.С., Мацигін А.Б. ДОСЛІДЖЕННЯ РЕГУЛЯТОРА ПОТУЖНОСТІ ДУГ ДУГОВОЇ ПЕЧІ З НЕЙРОРЕГУЛЯТОРОМ MODEL REFERENCE CONTROLLER</b> .....	176
<b>Лутай С.Н., Коломиєць В.В., Кобылянский Б.Б. СИСТЕМА ПРЯМОГО ЦИФРОВОГО УПРАВЛЕННЯ СЛЕДЯЩЕГО РУЛЕВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА АВТОНОМНИХ ОБ'ЄКТОВ</b> .....	181
<b>Мороз В.І., Болкот П.А., Снітков К.І., Харчишин Б.М. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЛІНІЙНОГО ДВИГУНА З ПОСТІЙНИМИ МАГНІТАМИ</b> .....	186
<b>Никитина Т.Б., Коломиєць В.В., Татарченко М.О. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АНИЗОТРОПИЙНОГО РОБАСТНОГО РЕГУЛЯТОРА СКОРОСТИ ДВУХМАССОВОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ</b> .....	190
<b>Никифоров А.П., Смирнова М.А. ОПИСАНИЕ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ СТРУКТУРНО-ИНФОРМАЦИОННЫМ МЕТОДОМ</b> .....	195
<b>Ракан Аль-Слихат, Чепак А.А., Борисенко В.Ф. ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ДОМЕННОГО СКИПОВОГО ПОДЪЕМНИКА С УСТРОЙСТВОМ УПРЕЖДАЮЩЕЙ ЗАЩИТЫ ПРИ АВАРИЙНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕГРУЗКАХ</b> .....	205
<b>Разумный Ю.Т., Заика В.Т., Прокуда В.Н. ФОРМИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПОТОКА УГЛЯ КОНВЕЙЕРНОГО ТРАНСПОРТА ПО ДАННЫМ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГРУЗОПОТОКОВ ИЗ ОЧИСТНЫХ ЗАБОЕВ</b> .....	208
<b>Рыбалкин А.Д., Нагай В.И. ВЫБОР НАГРУЗКИ НА ТРАНСФОРМАТОРЫ ТОКА ПРИ ПОДКЛЮЧЕНИИ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ РЗ</b> .....	214
<b>Савицкий А.В. НОВАЯ СЕРИЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРНЫХ АППАРАТОВ ЗАЩИТЫ ОТ ТОКОВ УТЕЧЕК НА ЗЕМЛЮ В ШАХТНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1200 В</b> .....	218
<b>Сивокобыленко В.Ф., Ткаченко С.Н., Деркачев С.В. МИКРОПРОЦЕССОРНОЕ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩЕЕ АВР ДЛЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С АСИНХРОННЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ</b> .....	224
<b>Синчук О.Н., Шокарев Д.А., Выпанасенко С.И. СТРУКТУРА И СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ТЯГОВЫМ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ РУДНИЧНОГО КОНТАКТНО-АККУМУЛЯТОРНОГО ЭЛЕКТРОВОЗА</b> .....	230
<b>Сиротин Ю.А. НЕУРАВНОВЕШЕННЫЙ И НЕСБАЛАНСИРОВАННЫЙ РЕЖИМЫ ТРЕХФАЗНОЙ ТРЕХПРОВОДНОЙ СИСТЕМЫ</b> .....	234
<b>Скрипник О.І., Коновал В.С. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВІТРОГЕНЕРАТОРА ТИПУ DFIG ДЛЯ АНАЛІЗУ СТІЙКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ</b> .....	241
<b>Толочко О.І., Чекавський Г.С., Журов І.О. АДАПТИВНИЙ СПОСТЕРІГАЧ СТАНУ ДЛЯ ПОТОЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ВЕКТОРА ПОТОКОЗЧЕПЛЕННЯ РОТОРА І АКТИВНИХ ОПОРІВ ОБМОТОК АСИНХРОННОГО ДВИГУНА</b> .....	248
<b>Халил Т.М., Горпинич А.В. ОПТИМИЗАЦИЯ СЕЧЕНИЙ ПРОВОДНИКОВ В РЕАЛЬНОЙ РАЗВЕТВЛЁННОЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ</b> .....	254
<b>Черемісін М.М., Попов С.В., Савченко О.А., Шкуро К.О., Пархоменко О.В. ЕФЕКТИВНІСТЬ МОНІТОРИНГУ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАВАННЯ В ОЖЕЛЕДНИХ РАЙОНАХ</b> .....	261
<b>Черніков В.Г. СТАБІЛІЗАЦІЯ ВИХІДНОЇ ПОТУЖНОСТІ ВІТРОГЕНЕРАТОРНИХ УСТАНОВОК З АСИНХРОННИМ ГЕНЕРАТОРОМ ЗАСОБАМИ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ</b> .....	265
<b>Шевченко В.В., Лутай С.Н. РОЛЬ КРИЗИСОВ В ДИНАМІКЕ РАЗВИТІЯ МІРОВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ І ТЕОРІЯ ЦИКЛІЧНОГО РАЗВИТІЯ</b> .....	273
<b>Шуклин Р.В., Захаров А.Б., Казимирская Л.В. РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ДИСПЕТЧЕРСКОГО ГРАФИКА НАГРУЗКИ УГЛЕГОРСКОЙ ТЭС В СООТВЕТСТВИИ С ПРАВИЛАМИ ГП «ЭНЕРГОРЫНОК»</b> .....	279
<b>Щур І.З., Білецький Ю.О. ЕНЕРГОФОРМУЮЧЕ ОПТИМАЛЬНЕ КЕРУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯМ ВІТРОЕЛЕКТРОУСТАНОВКИ З СИНХРОННИМ ГЕНЕРАТОРОМ НА ПОСТІЙНИХ МАГНІТАХ</b> .....	286
<b>Ягуп В.Г., Ягуп Е.В. КАНАЛИТИЧЕСКОМУ ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЕМКОСТЕЙ СИММЕТРИРУЮЩИХ КОНДЕНСАТОРОВ</b> .....	293
<b>Яковлева И.Г., Назаренко И.А. ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ВРЕМЯ НАГРЕВА ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ПЕКА</b> .....	297
<b>Яндутьський О.С., Марченко А.А., Хоменко О.В., Мацейко В.В. ОПТИМИЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМНОГО РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ЧАСТОТИ ТА АКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В ОЕС УКРАЇНИ</b> .....	300
<b>Яндутьський О.С., Мацейко В.В. МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ ВПЛИВУ ТИРИСТОРНИХ УСТАНОВОК ПОЗДОВЖНЬОЇ КОМПЕНСАЦІЇ НА ЯКІСТЬ РОБОТИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ</b> .....	305
<b>Яремов О.І., Островерхов М.Я. АНАЛІЗ ОДНОВИМІРНОЇ МОДЕЛІ ЛІНІЙНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГУНА З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕОРІЇ ПОЛЯ</b> .....	309
<b>Яцейко А.Я., Козак К.В., Горошко О.Б. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РЕЖИМУ РОБОТИ НЕЙТРАЛІ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ 35 КВ НА РІВНІ ДУГОВИХ ПЕРЕНАПРУГ</b> .....	314
<b>ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ</b> .....	319

<b>P. Lezhnyuk, V. Kulik, V. Teptya</b> FORMING OF THE POWER PLANTS PRICE REQUESTS AND INCREASING EFFICIENCY OF THE BALANCING MARKET .....	166
<b>V. Lysenko</b> EXPERIMENTAL RESEARCH OF ZERO SEQUENCE VOLTAGE OF THE DISTRIBUTION NETWORK IN FREQUENCY DOMAIN .....	172
<b>O. Lozynskyy, Y. Paranchuk, A. Matsyhin</b> STUDY OF ARC FURNACE ARCS POWER REGULATOR WITH 'MODEL REFERENCE CONTROLLER' NEURAL CONTROLLER .....	176
<b>S. Lutay, V. Kolomiyets, B. Kobylansky</b> DIRECT DIGITAL CONTROL SYSTEM OF TRACING STEERING ELECTRIC DRIVE OF SELF-CONTROLLED OBJECTS .....	181
<b>V. Moroz, P. Bolkot, K. Snitkov, B. Kharchyshyn</b> PERMANENT MAGNETS LINEAR MOTOR AS A CONTROLLED OBJECT .....	186
<b>T. Nikitina, V. Kolomiyets, M. Tatarchenko</b> EXPERIMENTAL RESEARCH OF ANISOTROPIC ROBUST SPEED CONTROLLER EFFICIENCY IN TWO-MASS ELECTROMECHANICAL SYSTEM ..	190
<b>A. Nikiforov, M. Smirnova</b> DESCRIPTION OF RELAY PROTECTION AND AUTOMATICS DEVICES BASED ON STRUCTURAL INFORMATION METHOD .....	195
<b>Rakan Al-Slihat, A. Chepak, V. Borisenko</b> PHYSICAL MODELING OF OPERATION MODES OF A BLAST-FURNACE SKIP HOIST WITH A PRE-PROTECTION DEVICE IN CASES OF EMERGENCY MECHANICAL OVERLOADS .....	205
<b>Yu. Razumnyy, V. Zaika, V. Prokuda</b> FORMATION OF THE COAL FLOW CHARACTERISTICS OF CONVEYOR TRANSPORT ACCORDING TO FREIGHT TRAFFIC MODELING OF PRODUCTION FACES	208
<b>A. Ribalkin, V. Nagay</b> CHOICE OF LOAD OF CURRENT TRANSFORMERS WHEN USING MICROPROCESSOR DEVICES OF RELAY PROTECTION .....	214
<b>A. Savitsky</b> NEW MICROCONTROLLER PROTECTION DEVICES FOR THE PROTECTION FROM GROUND LEAK CURRENTS IN MINE DISTRIBUTIVE POWER SUPPLIES WITH VOLTAGE UP TO 1200 V	218
<b>V. Sivokobylenko, S. Tkachenko, S. Derkachev</b> MICROPROCESSOR FAST-ACTING ATS FOR POWER SUPPLY SYSTEMS WITH ASYNCHRONOUS MOTORS .....	224
<b>O. Sinchuk, D. Shokarev, S. Vypanasenko</b> METHODS OF MINE CONTACT BATTERY ELECTRIC LOCOMOTIVES ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE CONTROL .....	230
<b>Yu. Sirotin</b> PULSED AND UNBALANCED MODES OF THE THREE-PHASE THREE-WIRE SYSTEM ...	234
<b>O. Skrypnyk, V. Konoval</b> DFIG WIND TURBINE MATHEMATICAL MODEL FOR POWER SYSTEMS STABILITY ANALYSIS .....	241
<b>O. Tolochko, G. Chekavskyy, I. Zhurov</b> ADAPTIVE STATE OBSERVER FOR ONLINE IDENTIFICATION OF ROTOR FLUX LINKAGE VECTOR AND INDUCTION MOTOR WINDINGS' RESISTANCES .....	248
<b>T. Khalil, A. Gorpnich</b> OPTIMIZATION OF CONDUCTOR SIZES IN A REAL MULTIBRANCH DISTRIBUTION NETWORK FOR ENERGY LOSSES REDUCTION .....	254
<b>M. Cheremisin, S. Popov, O. Savchenko, K. Shkuro, O. Parkhomenko</b> EFFICIENCY OF MONITORING OVERHEAD POWER LINES IN ICE-STORM REGIONS.....	261
<b>V. Chernikov</b> STABILIZATION OF OUTPUT POWER OF WIND GENERATOR ON THE BASIS OF INDUCTION GENERATOR BY MEANS OF CONTROL SYSTEM .....	265
<b>V. Shevchenko, S. Lutay</b> THE ROLE OF CRISES IN THE DYNAMIC DEVELOPMENT OF WORLD ENERGY AND THE THEORY OF CYCLIC DEVELOPMENT .....	273
<b>R. Shuklin, A. Zakharov, L. Kazymirskaya</b> DEVELOPMENT OF HARDWARE AND SOFTWARE TO IMPLEMENT AND MONITOR THE LOAD DISPATCH SCHEDULE OF UGLEGORSKAYA POWER PLANT IN ACCORDANCE WITH THE RULES OF THE STATE ENTERPRISE "ENERGY MARKET" .....	279
<b>I. Schur, Y. Biletskyi</b> ENERGY-SHAPING OPTIMAL CONTROL OF ELECTRIC WIND TURBINE WITH PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS GENERATOR .....	286
<b>V. Yagup, K. Yagup</b> TO ANALYTICAL EVALUATION OF SYMMETRIZATING CAPACITORS .....	293
<b>I. Yakovleva, I. Nazarenko</b> THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS DURING HIGH PITCH HEATING .....	297
<b>O. Yandulskyy, A. Marchenko, O. Khomenko, V. Matseyko</b> OPTIMIZATION OF PARAMETERS IN THE SYSTEM CONTROLLER FOR AUTOMATIC CONTROL OF FREQUENCY AND ACTIVE POWER IN THE UKRAINIAN POWER SYSTEM .....	300
<b>O. Yandulskyy, V. Matseyko</b> MODELLING AND ANALYSIS OF THE IMPACT OF A THYRISTOR CONTROLLED SERIES CAPACITOR AT POWER SYSTEM QUALITY .....	305
<b>O. Iaremov, M. Ostroverkhov</b> THE ONE-DIMENSIONAL MODEL OF LINEAR INDUCTION MOTOR ANALYSIS USING FIELD THEORY APPROACH .....	309
<b>A. Yatseyko, K. Kozak, O. Horoshko</b> INFLUENCE OF NEUTRAL CONDUCTOR WORKING CONDITIONS OF ELECTRICAL NETWORK 35KV ON THE LEVEL OF ARC OVERVOLTAGE .....	314
INFORMATION ABOUT THE AUTHORS.....	319

УДК 621.3.076

Т.Б. НИКИТИНА (д-р техн. наук, доц.), В.В. КОЛОМИЕЦ (канд. техн. наук, доц.),  
М.О. ТАТАРЧЕНКО

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»  
[bikuznetsov@mail.ru](mailto:bikuznetsov@mail.ru)

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АНИЗОТРОПИЙНОГО РОБАСТНОГО РЕГУЛЯТОРА СКОРОСТИ ДВУХМАССОВОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Разработана методика синтеза и экспериментального исследования анизотропийного робастного управления скоростью двухмассовой электромеханической системы. Приведен пример сравнения динамических характеристик синтезированной системы анизотропийного робастного управления с системами с типовыми регуляторами.

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

**Постановка проблемы, связь с научными и практическими задачами.** Характерным режимом работы многих систем управления является отработка случайных задающих воздействий либо компенсация случайных внешних возмущающих воздействий широкого спектра частот. Поэтому вопросы проектирования систем управления, работающих при случайных задающих и возмущающих воздействиях, являются актуальными.

**Анализ последних достижений и публикаций.** В последнее время интенсивно развивается теория анизотропийного робастного управления. Системы анизотропийного 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 анизотропийных робастных систем могут незначительно отличаться от соответствующих характеристик оптимальных систем. В работах [1-5] разработан метод синтеза стохастического робастного управления электромеханическими системами.

В работе [6] рассмотрены вопросы разработки методики экспериментального исследования робастных систем управления на стенде двухмассовой электромеханической системы.

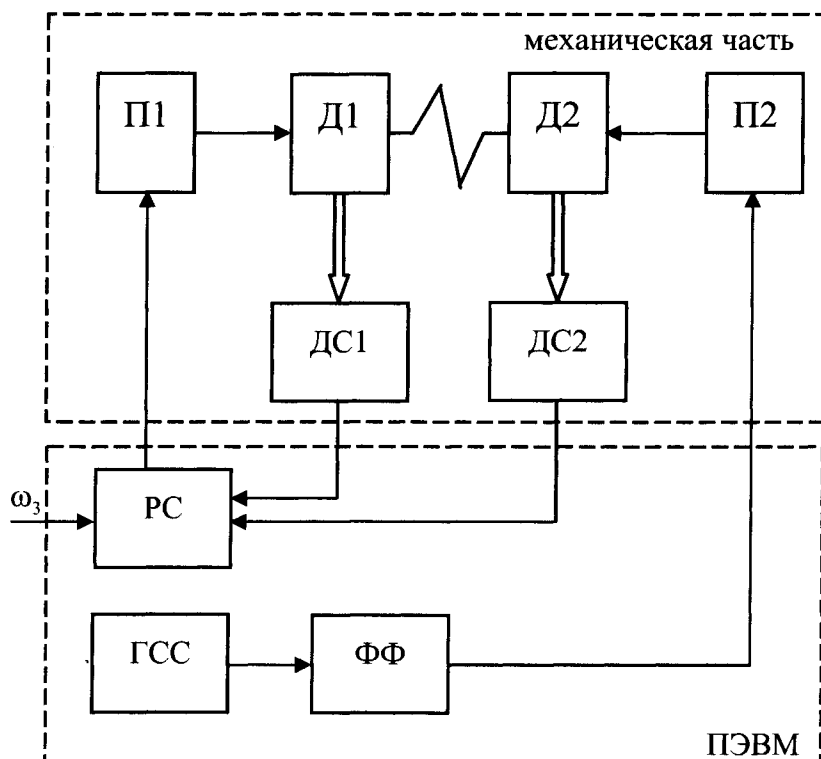


Рисунок 1 – Схема системы

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

**Изложение материала исследования и полученных результатов.** 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 величина нагрузки для Д1 формируется микродвигателем Д2. Валы двигателей Д1 и Д2 соединяются посредством упругой передачи. Управление первым двигателем осуществляется от преобразователя П1 с помощью регулятора скорости РС первого двигателя по сигналу с датчиков скорости ДС1, ДС2 первого либо второго двигателей. С помощью второго двигателя стенда моделируется 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 от генератора случайных сигналов ГСС подается сигнал типа белого шума. С помощью такой системы на второй двигатель действует случайное изменение момента, формируемого с помощью формирующего фильтра и собственно второго двигателя.

В системе используется микроконтроллер, с помощью которого осуществляется обмен информацией между стендом и ПЭВМ, преобразователи АЦП и ЦАП, а также контролер управления преобразователями П1, П2 с помощью которых формируется управляющие напряжения на первый Д1 и второй Д2 двигатели.

Задача определения анизотропийного робастного управления сводится к решению уравнений Риккати и Ляпунова, а задача синтеза системы, минимизирующей анизотропийную норму, сводится к синтезу двух уравнений Риккати, уравнения Ляпунова и еще одного алгебраического уравнения [1-5].

**Результаты экспериментальных исследований.** Рассмотрим работу системы при случайных входных сигналах. Для имитации случайного воздействия на систему на вход второго двигателя подается случайный сигнал с выхода формирующего фильтра в виде колебательного звена

$$W(p) = \frac{K}{T_0^2 p^2 + 2\xi T_0 p + 1}, \text{ где } \xi = 0.7, T_0 = 0.03\text{с}, K = 10.$$

На вход формирующего фильтра от генератора случайных сигналов подается сигнал типа белого шума. С помощью такой системы на вторую массу действует случайное изменение момента, формируемого с помощью формирующего фильтра и собственно второго двигателя. В связи с тем, что постоянная времени якорной цепи двигателя достаточно мала  $T_{\text{я}} = 0,002\text{с}$  по сравнению с постоянной времени формирующего фильтра  $T_0 = 0,03\text{с}$ , якорную цепь двигателя можно считать пропорциональным звеном от входного напряжения на якорной цепи двигателя до момента двигателя с коэффициентом пропорциональности  $K_{\text{д}} = C\Phi / R_{\text{я}}$ . Таким образом, случайное изменение момента, приложенного ко второй массе, формируется с помощью колебательного звена от генератора случайных сигналов типа белого шума.

Рассмотрим работу системы в режиме регулирования скорости при замыкании обратной связи по скорости первого двигателя. На рис. 2 показаны реализации переменных состояния системы с типовым регулятором, а на рис. 3 показаны реализации переменных состояния системы с робастным регулятором. На рисунках показаны следующие переменные состояния: а) и б) – напряжения на первом и втором двигателях, в) и г) – скорости вращения первого и второго двигателей, д) и е) – токи якорных цепей первого и второго двигателей, ж) – момент упругости и з) – ошибка отработки заданного значения скорости первой массой. Как видно из этих рисунков, максимальное отклонение скорости вращения второго двигателя в системе управления с типовым регулятором составляет  $\Delta\omega_2 = 9\text{с}^{-1}$ , а в системе управления с робастным регулятором максимальное отклонение скорости вращения второго двигателя составляет  $\Delta\omega_2 = 6\text{с}^{-1}$ . Таким образом, применение робастного регулятора в системе регулирования скорости при замыкании обратной связи по скорости первого двигателя при случайном изменении момента нагрузки позволяет уменьшить ошибку регулирования скорости вращения второго двигателя более чем в 1,5 раза.

Как показали экспериментальные исследования, случайное изменение момента сопротивления на второй двигатель с точностью до коэффициента пропорциональности практически совпадает с напряжением на якорной цепи и, следовательно, спектральные характеристики случайного изменения момента сопротивления определяются с точностью до масштабного коэффициента усиления параметрами формирующего фильтра в виде колебательного звена второго порядка.

**Выводы из приведенного исследования, перспективы этого направления.** Разработана методика экспериментального исследования анизотропийного робастного управления двухмассовой электромеханической системы. Применение робастного регулятора в системе регулирования скорости при замыкании обратной связи по скорости первого двигателя при случайном изменении момента нагрузки позволяет уменьшить ошибку регулирования скорости вращения второй массы более чем в 1,5 раза. Приведены динамические характеристики синтезированной системы при случайном изменении внешних воздействий.

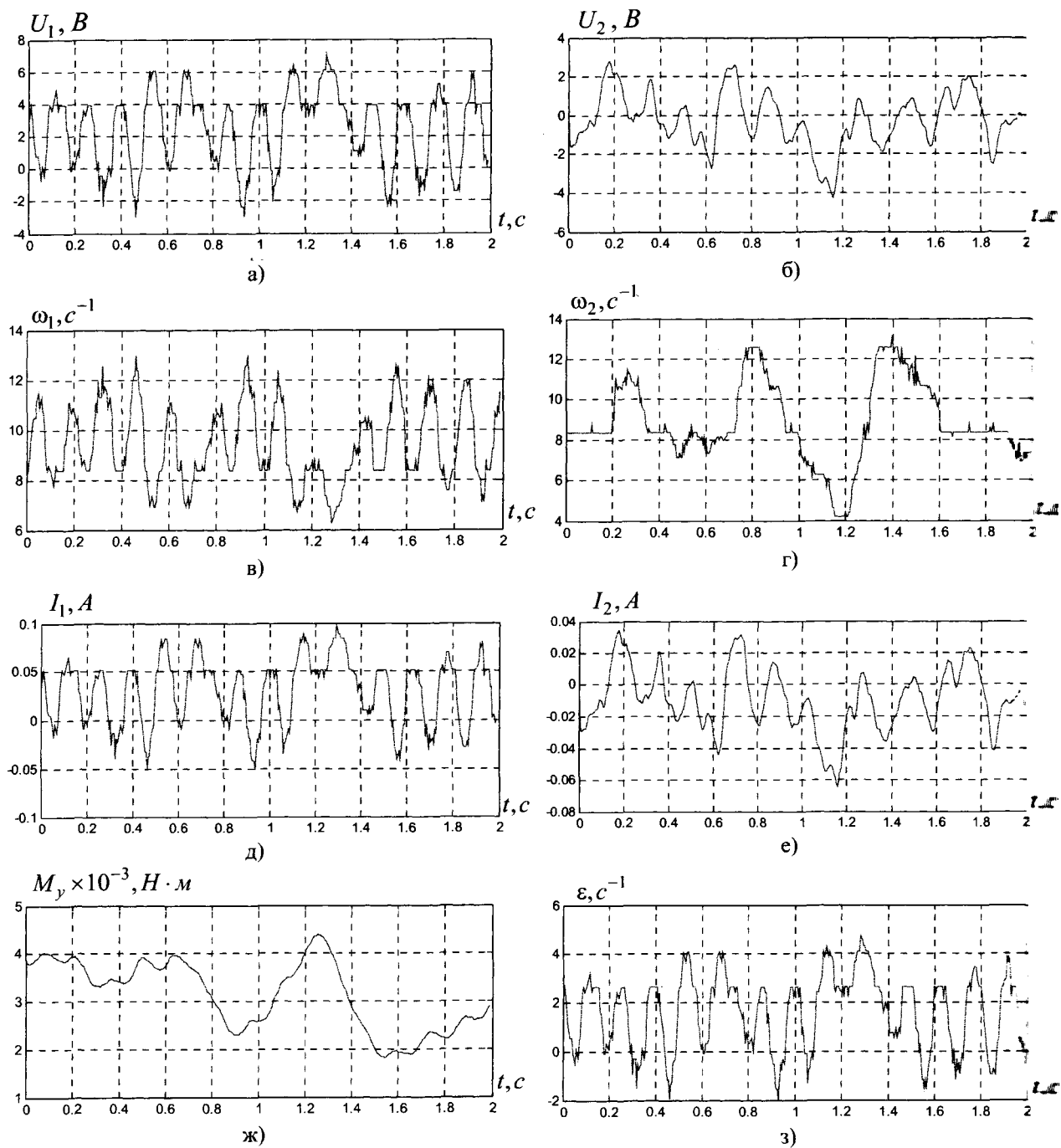


Рисунок 2 – Реализации случайных процессов с типовым регулятором



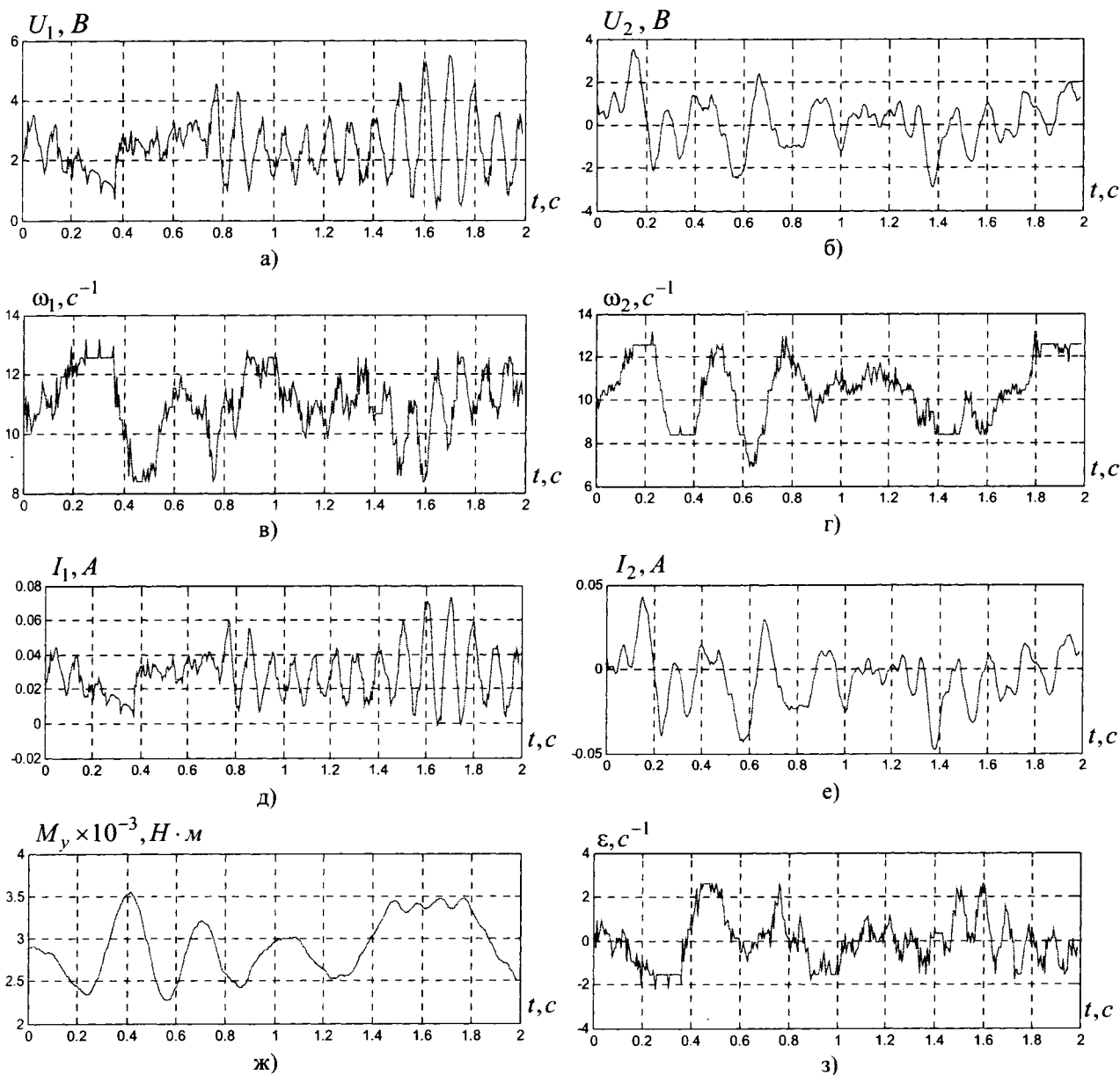


Рисунок 3 – Реализации случайных процессов системы с робастным регулятором

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никитина Т.Б. Синтез анизотропных регуляторов многоканальных систем регулирования геометрических параметров проката / Т.Б. Никитина // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – 2008. – №30. – С. 230-231.
2. Никитина Т.Б. Стохастический синтез цифрового робастного управления многоканальными итерационными системами / Т.Б. Никитина // Електромашинобудування та електрообладнання. – 2008. – №71. – С. 22-27.
3. Никитина Т.Б. Многокритериальный синтез анизотропного регулятора стабилизатора в вертикальной плоскости / Т.Б. Никитина // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – 2009. – №13. – С. 94-103.
4. Никитина Т.Б. Многокритериальный синтез анизотропных регуляторов электропривода горизонтального наведения / Т.Б. Никитина // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – 2009. – №1/2009 (54). – С. 9-12.
5. Никитина Т.Б. Синтез анизотропного стабилизатора основного вооружения танка в горизонтальной плоскости / Т.Б. Никитина // Механіка та машинобудування. – 2009. – №2. – С. 135-147.
6. Экспериментальное исследование робастного управления главными приводами прокатных станов с учетом их взаимного влияния через прокатываемый металл на стенде двухмассовой электромеханической

системы / [Б.И. Кузнецов, Т.Б. Никитина, А.В. Волошко, Е.В. Виниченко] // Технічна електродинаміка. – 2012 – №.2. – С. 207 -212.

## REFERENCES

1. Nikitina T.B. Synthesis of anisotropic regulators of the multichannel control systems of rolled metal geometrical parameters. *Visnik Natsional'nogo tehničnogo universitetu «Harkivs'kii politehničnii institut»*. 2008; 30: 230-231.
2. Nikitina T.B. Stochastic synthesis of digital robust control by multichannel iterative systems. *Elektromashinobuduvannya ta elektroobladnannya*. 2008; 71: 22-27.
3. Nikitina T.B. Multicriterion synthesis of anisotropic regulator by stabilizator in vertical plane. *Visnik Natsional'nogo tehničnogo universitetu «Harkivs'kii politehničnii institut»*. 2009; 13: 94-103.
4. Nikitina T.B. Multicriterion synthesis of anisotropic regulators by electric drive of horizontal aiming. *Visnik Kremenčuts'kogo derzhavnogo politehničnogo universitetu*. 2009; 1/2009 (54): 9-12.
5. Nikitina T.B. Synthesis of anisotropic stabilizator by tank mane armament in horizontal plane. *Mehanika ta mashinobuduvannya*. 2009; 2: 135-147.
6. Kuznetsov B.I., Nikitina T.B., Voloshko A.V., Vinichenko E.V. Experimental research of robust control by mass drives of flattening mills taking into account their mutual influencing through the rolled metal on two-mass electromechanics system stand. *Tehnična elektrodinamika*. 2012; 2: 207 -212.

Надійшла до редакції 15.02.2013

Рецензент: О.І. Толочко

Т.Б. НИКИТИНА, В.В. КОЛОМІЄЦЬ, М.О. ТАТАРЧЕНКО  
 Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

**Експериментальне дослідження ефективності анізотропійного робастного регулятора швидкості двомасової електромеханічної системи.** Розроблено методику експериментального дослідження анізотропійного робастного керування швидкістю двомасової електромеханічної системи. Синтез анізотропійного робастного керування, що мінімізує анізотропійну норму, зводиться до рішення двох рівнянь Ріккати, рівняння Ляпунова і одного алгебраїчного рівняння. Наведений приклад експериментальних характеристик системи.

**Ключові слова:** експериментальні дослідження, анізотропійне робастне керування, двомасова електромеханічна система.

T. NIKITINA, V. KOLOMIETS, M. TATARCHENKO  
 National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"

**Experimental Research of Anisotropic Robust Speed Controller Efficiency in Two-Mass Electromechanical System.** Experimental research method of anisotropic robust control of two-mass electromechanical system speed is developed. The synthesis of anisotropic robust control, which minimizes anisotropic norm, is confined to solving two Riccati equations, Lyapunov equation and an algebraic equation. An example of the system's experimental characteristics is provided.

**Key words:** experimental researches, anisotropic robust control, two-mass electromechanical system.

**НАУКОВЕ ВИДАННЯ**

***Наукові праці Донецького національного  
технічного університету***

**Серія: «Електротехніка і енергетика»**

**№2(15)' 2013**

*(українською, російською, французькою мовами)*

Адреса редакції: Україна, 83001, м. Донецьк, вул. Артема, 58, ДВНЗ «ДонНТУ»,  
8-й навчальний корпус, тел.: (062) 301-03-72.

Редагування, коректура: *А. В. Зиль, Т.М. Шламенок*

Підписано до друку 22.04.2013. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>

Папір офсетний. Друк різнографія.

Ум. друк. арк. 21,25.

Тираж 100 прим.

Видавець Державний вищий навчальний заклад

«Донецький національний технічний університет».

Україна, 83001, м. Донецьк, вул. Артема, 58. Тел.: (062) 301-08-67

Свідоцтво про державну реєстрацію суб'єкта видавничої справи:  
серія ДК №2982 від 21.09.2007