

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

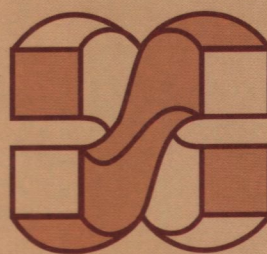
Вестник Национального Технического Университета «ХПИ» . Тематический выпуск

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

Поляков В.Н., Бородин М.Ю., Ганжа Н.Н., Бортников М.Е. Динамика контура оптимизации режимов асинхронного двигателя в системе скалярного управления	230
Тяпкин М.Г. Повышение точности прецизионного планарного электропривода	232
Анучин А.С., Кульманов В.И., Беляков Ю.О. Выбор рациональной структуры цифровой системы управления источников вторичного стабилизированного питания переменного тока	234
Худяев А.А., Кунченко Т.Ю., Листратенко В.И. Электропривод подачи рабочего стола с дополнительным управлением ходовой гайкой для металлорежущего станка особо высокой точности.....	236
Дерец А.Л., Садовой А.В. Синтез релейной системы четвертого порядка методом N-i переключений в контексте теоремы об N интервалах	240
Шуруб Ю.В. Класифікація та моделювання випадкових навантажень електроприводів	244
Мисак Т.В., Михальський В.М. Формування вхідного струму в системі «мережа - вхідний LC-фільтр – матричний перетворювач – асинхронний двигун» в ковзному режимі.....	246
Михальський В.М., Соболев В.М., Шаповал І.А., Чопик В.В., Дорошенко А.Л Керування машиною подвійного живлення з матричним перетворювачем в колі ротора при несиметрії напруг мережі живлення	248
Задорожний Н.А., Задорожня И.Н. Оценка статической точности электропривода при предельном демпфировании упругих механических колебаний	253
Квашнин В.О., Косенко В.А. Исследования методик определения параметров однофазной эквивалентной схемы замещения асинхронного двигателя.....	256
Синчук О.Н., Захаров В.Ю., Михайличенко Д.А. Исследование пуска синхронного электрического двигателя на математической модели	259
Щур І.З., Мандзюк М.Ф. Система керування синхронною машиною з постійними магнітами з максимальною енергетичною ефективністю при ослабленні поля.....	263
Герасимьяк Р.П., Бабийчук О.Б., Субботин В.В. Некоторые особенности динамических режимов электромеханической системы с асинхронным электроприводом	267
Смотров Е.А., Дашко О.Г., Вершинин Д.В., Субботин В.В. Метод ограничения тока потребления векторного электропривода.....	269
Асмолова Л.В. К устранению срывных фрикционных автоколебаний в электромеханических системах с релейным регулированием	271
Никитина Т.Б., Коломиец В.В., Татарченко М.О. Повышение точности управления двухмассовыми электромеханическими системами на основе стохастических робастных методов.....	274
Буряковский С.Г., Мастепан А.Г., Басов А.В. Создание визуальной модели для исследований вентильно-индукторного электропривода современного электровоза	276
Виноградов А.Б., Гнездов Н.Е., Глебов Н.А. Особенности управления электроприводами транспортных средств с электромеханической трансмиссией	278
Семилетов Н.А., Потапенко А.Н., Сибирцева Н.Б. Особенности применения электроприводов в «интеллектуальном» модуле измерения уровня загрузки мельниц.....	280
Гаврилюк К.Я., Черногуб Н.А., Баран Н.М., Лимонов Л.Г. Структуры систем прямого регулирования натяжения намоточно-размоточных механизмов	282
Требукова Н.С. Автоматизированная система управления технологическим процессом прессования крошкообразных материалов	284

**ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ДВУХМАССОВЫМИ
ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ НА ОСНОВЕ СТОХАСТИЧЕСКИХ
РОБАСТНЫХ МЕТОДОВ**

Постановка проблемы, связь с научными и практическими задачами. Многие системы управления предназначены для отработки случайных задающих и компенсации случайных возмущающих воздействий. В системах наведения и стабилизации [1-5], установленных на подвижном основании, заданием является направление на объект исследования, угловое положение которого изменяется случайным образом. Случайным возмущающим воздействием является изменение углового положения подвижного основания, на котором установлена система наведения и стабилизации, и обусловлено неровностью поверхности, по которой движется это подвижное основание, и определяется как характеристиками неровности самой поверхности, так и параметрами подвески подвижного основания. Причем, в режиме наведения система замкнута по скорости, а в режиме стабилизации система замкнута по углу поворота.

Анализ последних достижений и публикаций по данной проблеме. Проектированию систем управления работающих при случайных задающих и возмущающих воздействиях, посвящено большое количество работ, а в последнее время интенсивное развитие получила теория стохастического робастного управления [1-5]. Однако в этих работах не рассмотрены вопросы оценки эффективности стохастических регуляторов электро-механических систем по сравнению с типовыми регуляторами.

Цель работы. Целью данной работы является разработка методики синтеза и экспериментального исследования эффективности стохастического робастного управления электро-механическими системами. Задачей статьи является синтез и экспериментальное исследование эффективности стохастического робастного управления двухмассовой электро-механической системой.

Изложение материала исследования, полученных научных результатов. Рассмотрим задачу синтеза стохастической робастного управления, минимизирующей анизотропную норму в пространстве состояний [2-3]. Решение задачи стохастической робастной оптимизации 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.

Описание стенда двухмассовой электро-механической системы. На рис. 1 показана схема двухмассовой электро-механической системы. Механическая часть стенда выполнена на базе двух однотипных микро-двигателей М1 и М2 постоянного тока ДПТ-25-Н2 [6]. Валы двигателей М1 и М2 соединены упругой передачей. Преобразователем электрической энергии в механическую является микро-двигатель М1, а микро-двигатель М2 формирует случайную нагрузку для микро-двигателя М1.

В режиме стабилизации, когда система замкнута по углу поворота, управление первым двигателем осуществляется от преобразователя П1 с помощью регулятора положения Р первого двигателя по сигналу с датчиков положения Д1 либо Д2 первого либо второго двигателей. В режиме наведения, когда система замкнута по скорости изменения угла поворота, управление первым двигателем осуществляется от преобразователя П1 с помощью регулятора скорости Р первого двигателя по сигналу с датчиков скорости Д1, Д2 первого либо второго двигателей. Скорости вращения двигателей измеряются с помощью тех же импульсных датчиков положения Д1, Д2 первого и второго двигателей.

С помощью второго двигателя создается случайное изменение момента 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.

Результаты экспериментальных исследований. Вначале рассмотрим работу следящей системы в режиме регулирования скорости при замыкании обратной связи по скорости первого двигателя. На рис. 2 показаны реализации скорости вращения второго двигателя системы а) с типовым регулятором и б) со стохастическим регулятором. 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 со стохастическим регулятором максимальное отклонение скорости вращения второго двигателя составляет $\Delta\omega_2 = 6 \text{ с}^{-1}$. Таким образом, применение стохастического 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.

В системе стабилизации с обратной связью по углу поворота вала второго двигателя, максимальное откло-

нение угла поворота вала второго двигателя в системе управления с типовым регулятором составляет $\Delta\varphi_2=0,55$ рад, а в системе управления со стохастическим регулятором максимальное отклонение угла поворота вала второго двигателя составляет $\Delta\varphi_2=0,2$ рад. Таким образом, применение стохастического регулятора в системе управления с обратной связью по углу поворота вала второго двигателя при случайном изменении момента нагрузки позволяет уменьшить ошибку регулирования угла поворота вала второго двигателя более чем в 2 раза.

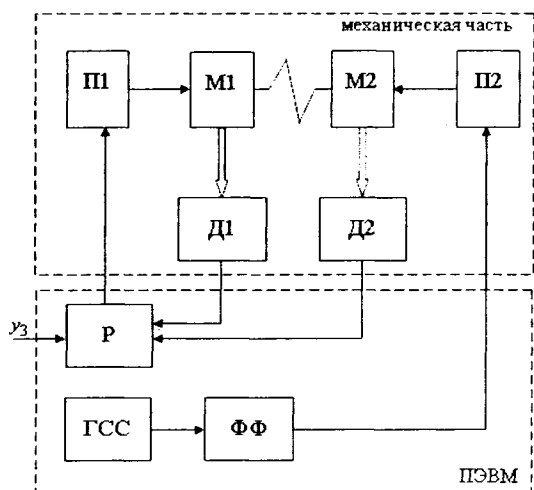


Рис. 1 Схема системы управления стандом

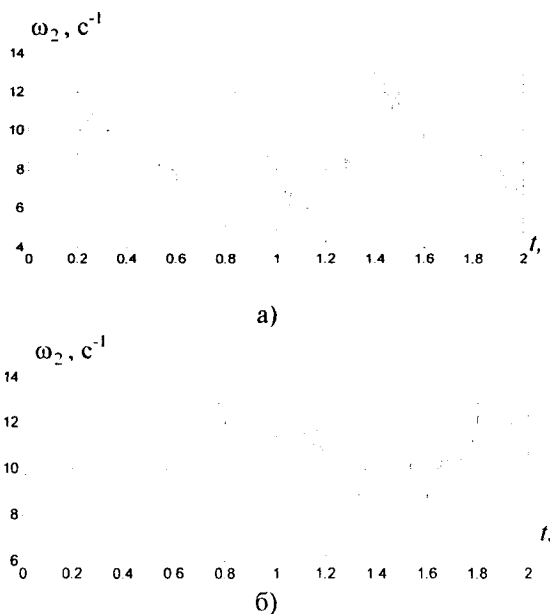


Рис. 2 Реализации скорости вращения второго двигателя следящей системы а) с типовым и б) со стохастическим регуляторами при случайном изменении момента нагрузки

Выводы из проведенного исследования, перспективы этого направления. Разработана методика синтеза и экспериментального исследования стохастического регулятора двухмассовой электромеханической системы. Решение задачи синтеза стохастических регуляторов сводится к вычислению трех алгебраических уравнений Риккати, уравнения Ляпунова и уравнения специального вида для вычисления уровня анизотропии входного сигнала.

Приведены динамические характеристики синтезированной системы при случайном изменении внешних воздействий. Как показали экспериментальные исследования, случайное изменение момента сопротивления, создаваемого вторым двигателем 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.

Применение стохастического регулятора в следящей 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. Применение стохастического регулятора в системе стабилизации при управлении угловым положением с обратной связью по углу поворота вала второго двигателя при случайном изменении момента нагрузки позволяет уменьшить ошибку регулирования угла поворота вала второго двигателя более чем в 2 раза.

Литература

1. Никитина Т.Б. Многокритериальный синтез робастного управления многомассовыми системами. – Монография. – Харьков: ХАДУ, 2013. – 432 с.
2. Nikitina T.B. Digital robust control of multichannel systems / T.B. Nikitina // Modern problems of radio engineering telecommunications and computer science Proceedings of the International Conference TCSET'2008. - Lviv – Slavske.- Ukraine. -P. 254 – 255.
3. Nikitina T.B. Multichannel systems robust synthesis / T.B. Nikitina // The experience of Designing and Application of CAD systems in Microelectronics. - 2007. - P 240 – 241.
4. Nikitina T.B. Stochastic digital robust control of multichannel systems / T.B. Nikitina // The experience of Designing and Application of CAD systems in Microelectronics. - 2009.- P 246 – 247.
5. Никитина Т.Б. Синтез анизотропных регуляторов многоканальных систем регулирования геометрических параметров проката // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2008. – №30. – С. 230-231.

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 60×84¹/₈. 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
