

О Т З Ы В

на автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук по научной специальности
05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

Балденкова Александра Александровича

Диссертационная работа Балденкова А.А. на тему «Структурные методы линеаризации динамических характеристик асинхронных электроприводов с частотным управлением» направлена на решение важной научно-технической задачи совершенствования методов и средств повышения эффективности использования частотно-управляемых асинхронных электроприводов. В диссертации рассматриваются теоретические подходы и предлагаются технические решения, направленные на получение линеаризованных математических моделей асинхронных электроприводов с целью улучшения их статических и динамических показателей работы.

Поставленные в диссертационной работе задачи решены благодаря применению предложенного способа коррекции частотно-управляемого электропривода, что позволяет рассматривать асинхронный электродвигатель в виде линейной модели.

Теоретическое значение диссертационной работы заключается в создании и разработке способа коррекции с применением дополнительной обратной связи по действующему значению тока в обмотке статора асинхронного электродвигателя, что приближает математическое описание электропривода к линейной модели.

Практическая ценность работы заключается в разработке и внедрении технических решений по реализации системы управления с каналом структурной коррекции, что позволяет улучшать характеристики асинхронного электропривода. Применение предлагаемых технических решений по реализации электроприводов с улучшенными характеристиками позволяет повысить их экономическую эффективность и конкурентоспособность. Практическое значение имеют результаты экспериментальных исследований частотно-управляемого электропривода, доказывающие эффективность предложенных способов коррекции с использованием информации о токе статора электродвигателя.

Выполненную работу отличает комплексный подход к решению поставленных задач, сочетающий теоретические исследования, математическое моделирование и экспериментальное подтверждение полученных результатов.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований, полученные в диссертационной работе, прошли широкую апробацию в печати и выступлениях соискателя на различных конференциях. Основные результаты диссертационных исследований, полученные соискателем, опубликованы в

трёх рецензируемых печатных изданиях из перечня ВАК.

Диссертационная работа имеет высокий научный уровень выполненных исследований, прикладной характер полученных результатов и эффективность предлагаемых рекомендаций, направленных на повышение качества управления асинхронных электроприводов.

По автореферату представленной на защиту диссертационной работы имеются следующие замечания:

1. Требуется пояснения, как проверялась адекватность применяемых математических моделей.
2. Какие и насколько улучшены динамические характеристики асинхронного электропривода со скалярным управлением при применении предлагаемой коррекции.

Судя по автореферату, в результате выполненных Балденковым А.А. теоретических и экспериментальных исследований решена актуальная научно-техническая задача, имеющая значение для развития теории и практики создания современных частотно-управляемых асинхронных электроприводов. Диссертационная работа на тему «Структурные методы линеаризации динамических характеристик асинхронных электроприводов с частотным управлением» соответствует критериям Положения о присуждении учёных степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Балденков Александр Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Профессор кафедры «Электроснабжение и электропривод» ЮРГПУ (НПИ)

д. т. н., профессор

Подпись Пятибрата Г. Я. удостоверяю

Ученый секретарь ЮРГПУ (НПИ)

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова».

Георгий Яковлевич Пятибратов

Н. Н. Холодкова

3.04.2020

Адрес: 346428, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132.

E-mail: G. pyatibratov@mail.ru. Телефон кафедры 863 52 55 210.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Балденкова Александра Александровича «Структурные методы линеаризации динамических характеристик асинхронных электроприводов с частотным управлением», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы»

Представленная диссертационная работа посвящена разработке подхода по линеаризации систем электроприводов с возможностью коррекции возникающих нелинейностей, без изменения их основных структур и поставляемого специализированного программного обеспечения.

В работе представлен анализ существующих алгоритмов управления, приведена методика проведения экспериментов для исследования статических и динамических характеристик асинхронного электропривода и представлены результаты моделирования. Кроме того, предложена эффективная методика оценки динамических характеристик асинхронного электропривода с частотным управлением путем анализа семейств частотных характеристик и реализован метод коррекции таких семейств существенно снижающий их вариативность.

Проведен подробный анализ статических и динамических характеристик асинхронных электроприводов как с применением стандартных алгоритмов так подход с реализованной корректирующей связью. Эффективность работы различных подходов к реализации систем управления исследована на основе спектрального анализа токов ротора асинхронного двигателя

Методы и алгоритмы по структурной коррекции апробированы путем внедрения в различные сложные технологические процессы, чем и доказана эффективность предлагаемых решений в сравнении с классическими подходами к реализации систем управления электроприводами.

Замечания по автореферату:

1. из автореферата остаются не понятными преимущества предложенного подхода корректирующего нелинейности по сравнению с классическими методами компенсации, основанными на использовании статических характеристик;
2. в автореферате не приведено сравнение возможностей современных систем электропривода по автоматической и даже интеллектуальной настройке параметров алгоритмов управления с предложенным подходом.

Отмеченные недостатки не меняют общей положительной оценки диссертационной работы. Основное содержание достаточно полно отражено в автореферате и публикациях. В целом, исследования и практические результаты, выполненные Балденковым Александром Александровичем следует квалифицировать, как решение актуальной задачи обеспечивающей подходы к описанию динамических режимов асинхронного электропривода на основе семейств частотных характеристик, позволяющей объяснить их нелинейные динамику на различных скоростях вращения и реакцию на моментные возмущения, а также структурную коррекцию динамических характеристик таких систем без датчика скорости вращения двигателя, с применением положительной обратной связи по действующему значению тока статора двигателя. Основываясь на анализе автореферата можно прийти к выводу, что представленная к защите работа удовлетворяет всем требованиям пп. 9 – 14 Положения ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор Балденков Александр Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Заведующий кафедрой «Электропривод и автоматизация промышленных установок»
Комсомольского-на-Амуре государственного
университета, канд. техн. наук, доцент;
681013, г. Комсомольск-на-Амуре,
пр. Ленина, 27, ФГБОУ ВО «КНАГУ»;
+7 (4217) 241-209, keraru@mail.ru



Черный Сергей Петрович
27.03.2020

Подпись Черного С.П. заверяю:

Ученый секретарь ФГБОУ
«Комсомольский-на-Амуре государственный
университет»



А.В. Сериков

ОТЗЫВ

**на автореферат диссертационной работы Балденкова А.А.
«Структурные методы линеаризации динамических характеристик асинхронных электроприводов с частотным управлением», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы»**

Актуальность темы исследования

Повышение энергетической эффективности промышленности является одной из стратегических задач любого государства. Известно, что основным потребителем энергии является электропривод, используемый в промышленности повсеместно. Как следствие, разработка методов повышения эффективности работы электроприводов является важной задачей, выполнение которой невозможно без применения преобразовательной техники и разработки новых методов управления. Синтез законов управления выполняется на основе моделей электроприводов, теория которых за последние 50 лет получила значительное развитие. В представленной диссертационной работе делается попытка разработать новую методику линеаризации модели асинхронного электропривода и проанализировать известные алгоритмы управления с учетом новой линеаризованной модели. В связи с этим работа актуальна.

Научная ценность

Научная ценность диссертационной работы Балденкова А.А. заключается в том, что

1. Впервые предложен структурный метод линеаризации математической модели асинхронного электропривода, отличающийся введением положительной обратной связи по действующему значению тока статора с фильтром первого порядка.
2. Впервые предложен метод построения семейств частотных характеристик асинхронных электроприводов и показана зависимость этих характеристик от частоты питающего напряжения и скольжения.

Практическая ценность

Практическая ценность результатов диссертационной работы заключается в том, что

- разработан новый способ управления асинхронным электроприводом, позволяющий повысить точность поддержания скорости электропривода, указанный способ внедрен на производстве и доказал свою эффективность;
- разработанный способ управления асинхронным электроприводом может быть применен при синтезе системы управления в организациях, осуществляющих проектирование и производство преобразователей частоты и комплектных электроприводов переменного тока;
- предложенный метод анализа качества электроприводов на основе семейств частотных характеристик может быть применен при анализе разрабатываемых систем управления на предприятиях, занимающихся проектированием и производством преобразователей частоты и комплектных асинхронных электроприводов.

Значимость результатов диссертации для развития электротехнических комплексов и систем

Рекомендации по использованию результатов диссертационной работы

Рекомендуется к применению на предприятиях, разрабатывающих и выпускающих асинхронные комплектные электроприводы и преобразователи частоты, а также в образовательном процессе подготовки бакалавров по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» и магистров по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Общие замечания по диссертации

1. Получение уравнения (2.3) диссертации из уравнения (2.1) не объясняется, а приводится с комментарием «Уравнение 2.1 позволило предложить другой вариант линеаризации, при котором исходное уравнение примет вид (2.3)». Тем не менее, это является важной частью диссертации, поскольку из известных методов линеаризации следуют другие выражения.
2. При частотном анализе электроприводов подразумевается постоянство частоты питающего напряжения («заморожены» в терминологии автора), что в реальных условиях не соблюдается, следовательно, полученные выводы могут быть ошибочными.

Соответствие диссертации требованиям положения ВАК РФ

Несмотря на отмеченные замечания, диссертационная работа Балденкова А.А. является законченной научно-квалификационной работой, отвечающей требованиям п. 9-14 Положения о порядке присуждения ученых степеней (утвержденным постановлением Правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 г.), а её автор, Балденков Александр Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Доцент кафедры электропривода и автоматизации КузГТУ, к.т.н., научная специальность 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы»

Григорьев
Александр Васильевич
E-mail: gav.eav@kuzstu.ru
Тел.: (384-2) 39-63-54
Моб. тел.: 89134022966

Полное наименование организации:
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева» (КузГТУ).

Почтовый адрес: 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28.

Почтовый адрес: 650000, г. Кемерово, ул. Веселого, 10

Подпись Григорьев А.В.
ЗАВЕРЯЮ
 учётный секретарь совета
 Э.В. Хейминк
 «04» 2020 г.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Балденкова Александра Александровича
на тему «Структурные методы линеаризации динамических характеристик
асинхронных электроприводов с частотным управлением», представленной
на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

Асинхронные электроприводы в настоящее время стали основными электроприводами в энергетике, промышленности, на транспорте. Применение частотных преобразователей способствовало активному внедрению асинхронных электроприводов в технические области, требующие качественного регулирования скорости вращения.

Наибольший интерес представляют преобразователи частоты среднего технико-экономического класса, представленные компаниями *Schneider Electric*, *Vacon*, *Danfoss* и другими, которые при относительно низкой стоимости обладают широким функционалом, включающим все стандартные алгоритмы управления для разомкнутых и замкнутых систем, что делает их универсальными с точки зрения применения в различных технических системах. Однако эти алгоритмы управления имеют серьезные недостатки, обусловленные нелинейностью асинхронных электроприводов, проявляющейся на практике в виде различной реакции привода на одинаковые внешние моментные возмущения на различных скоростях работы. В асинхронных электроприводах со стандартными алгоритмами управления на различных скоростях работы при набросе нагрузки наблюдаются различные статические и динамические «провалы» скорости, различное время переходных процессов, различная колебательность вплоть до потери устойчивости.

Приведенные недостатки не свойственны линейным или приближенным к линейным системам. Следовательно, поиск решений, приближающих асинхронный электропривод к линейным системам и обеспечивающих возможность их внедрения без значительной модернизации промышленного оборудования и изменения базовых структур преобразователей частоты является, безусловно, актуальной и практически значимой задачей.

Научную новизну диссертации составляют предложенные автором структурный метод линеаризации асинхронного электропривода введением положительной обратной связи по действующему значению тока статора с динамическим звеном близким к фильтру 1-го порядка с параметрами, адаптируемыми к частоте питающего напряжения и методика оценки качества и эффективности алгоритмов системы управления путем спектрального анализа токов ротора.

Практическое значение работы заключается в реализации алгоритма структурной коррекции, внедренного в систему управления преобразователями частоты линии по окраске листового материала, который позволил повысить точность поддержания

линейной скорости листа, что позволило существенно снизить процент брака и снизить токи статора двигателей.

Полученные в ходе диссертационного исследования результаты были опубликованы автором в ведущих российских журналах и прошли апробацию на представительных международных конференциях.

Следует отметить, что материал в автореферате изложен аргументировано, однако наличие большого количества грамматических и пунктуационных ошибок затрудняет чтение и, соответственно, понимание описываемых проблем.

Из автореферата не ясно, на каком основании произведено уточнение исходного уравнения (1), устанавливающего связь между текущим моментом и скольжением, и получено уравнение (2).

Указанные замечания в целом не снижают общее положительное впечатление о работе. Судя по материалу, изложенному в автореферате, работа выполнена на высоком научном уровне, представляет собой научно обоснованные технические разработки, имеющие существенное значение для повышения эффективности асинхронных электроприводов с частотным управлением.

Судя по автореферату, диссертация «Структурные методы линеаризации динамических характеристик асинхронных электроприводов с частотным управлением» полностью соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор, Балденков Александр Александрович, несомненно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Доцент кафедры

«Электротехнические комплексы и системы»

ФГБОУ ВО «Казанский государственный
энергетический университет»

К.Т.Н., доцент

23.03.2020г.



Бутаков Валерий Михайлович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет», 420066, республика Татарстан, г.Казань, ул. Красносельская д.51, тел. (843) 519-43-54, e-mail: butakovvm@rambler.ru



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Балденкова Александра Александровича
на тему: «Структурные методы линеаризации динамических
характеристик асинхронных электроприводов с частотным
управлением», представленной на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности
05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы»

Актуальность избранной темы исследования

Актуальность вопросов оценки и коррекции динамических характеристик асинхронных электроприводов обусловлена тем, что нелинейный характер этих приводов препятствует их применению на объектах с высокими требованиями к динамике и точности приводов. В настоящее время наиболее эффективными считаются различные алгоритмы векторного управления, частично решающие эту проблему, но имеющие ряд недостатков, которые приводят к необходимости постоянно их совершенствовать.

В связи с этим актуальность темы исследований и поставленная цель, заключающаяся в повышении эффективности работы приводов в широком диапазоне возмущающих воздействий, не вызывает сомнений.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций обеспечивается корректным использованием известных методов теории электропривода, частотного управления асинхронными электродвигателями, автоматического управления и математического моделирования, а также современных методик обработки результатов экспериментальных исследований.

Достоверность полученных результатов обеспечивается использованием апробированных исходных данных, полученных из практики и передового опыта применения и разработки автоматизированных электроприводов, корректностью применения математического аппарата и результатами моделирования и экспериментов.

Научная значимость результатов диссертации заключается:

- в новом подходе к исследованию характеристик асинхронных электроприводов методом анализа семейств частотных характеристик, построенных по предложенной автором нелинейной передаточной функции и сгруппированных по частоте питающего напряжения и скольжению;

- в разработке структурной коррекции асинхронных электроприводов в виде динамической положительной обратной связи с динамическим звеном первого порядка в канале обратной связи, с адаптированными к частоте питающего напряжения параметрами, позволяющей получить ошибку скорости менее 1% при

работе под нагрузкой и более короткие переходные процессы в сравнении с системами управления, замкнутыми по скорости;

- в разработке метода оценки эффективности формирования момента асинхронным приводом спектральным анализом тока ротора (по частоте основной гармоники).

Практическая значимость результатов диссертации заключается в формировании и внедрении практических предложений и рекомендаций разработанного метода структурной линеаризации асинхронных приводов с частотным управлением в приводы протяжки листа промышленной линии окраски листового материала, а также во внедрении в систему управления циркуляционными насосами автономного теплового пункта (котельной). Новизна предлагаемых решений подтверждается тремя патентами на изобретение.

Автореферат диссертации изложен хорошим научным языком, стилистически верно и в логической последовательности. Основные материалы проведенного исследования, содержащиеся в нем выводы и практические рекомендации нашли отражение в публикациях автора. Перечень и достаточное количество научных трудов, опубликованных автором по теме диссертации и представленных в автореферате, свидетельствуют о том, что автор достаточно глубоко и всесторонне исследовал предмет своей диссертационной работы.

Вместе с тем, наряду с положительными сторонами работы, имеются следующие замечания:

- из автореферата не ясно, возможно ли применение предлагаемых в работе положений для других типов двигателей переменного тока;

- промышленное применение разработанной автором коррекции подразумевает возможность изменения амплитуды напряжения в промышленной сети $\pm 10\%$, в автореферате не показано, насколько корректно будет работать предлагаемая коррекция в таких условиях;

- возможность применения метода оценки эффективности формирования момента спектральным анализом токов ротора сильно ограничена в связи с возможностью использования для этих целей только двигателей с фазным ротором;

- на рисунках 8 и 9 автореферата нечетко видны параметры спектра.

Однако данные замечания не снижают научной значимости и практической полезности результатов, выводов и рекомендаций диссертационной работы.

В целом автореферат диссертации достаточно подробно раскрывает основные положения диссертации, показывает вклад автора в проведенное исследование, отражает степень новизны и практическую значимость результатов исследований.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней.

Исходя из положений автореферата можно сделать вывод о том, что диссертационная работа Балденкова Александра Александровича является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи, направленной к идентификации асинхронных электроприводов, коррекции их динамических характеристик и оценке эффективности алгоритмов управления. Работа отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, полностью соответствует «Положению о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор Балденков Александр Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Начальник отдела Федерального государственного бюджетного учреждения «21 Научно-исследовательский испытательный институт военной автомобильной техники»
Министерства обороны Российской Федерации
кандидат технических наук

Д.И. Исаев

(140170, Московская область, г. Бронницы, ул. Красная, д. 85, тел. 8(495) 996-90-57)

Подпись Исаева Дмитрия Ильича заверяю:

Начальник отделения кадров и строевого ФГБУ «21 НИИИ ВАТ»
Минобороны России



О.М. Миллер

« 31 » марта 2020 г.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Балденкова Александра Александровича
«Структурные методы линеаризации динамических характеристик
асинхронных электроприводов с частотным управлением»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических
наук по специальности 05.09.03 - «Электротехнические комплексы и
системы»

Количество электроприводов, в которых применяются асинхронные двигатели, постоянно увеличивается. Однако, не смотря на все достоинства асинхронных двигателей – низкую стоимость, высокую надежность, простоту обслуживания и пр., их применение ограничивается рядом особенностей управления.

Автором предложен инженерный метод оценки характеристик асинхронного электропривода по семействам частотных характеристик, построение которых производится по нелинейной передаточной функции. В работе показана значительная вариативность частотных характеристик от скорости вращения привода и нагрузки.

Эффективность структурной коррекции (положительной обратной связи по действующему значению тока статора), предложенной автором, подтверждается результатами экспериментальных исследований и результатами моделирования.

Несомненной научной новизной обладает методика определения эффективности алгоритмов формирования вращающего момента по основной гармонике тока ротора.

Одним из основных достоинств, предлагаемых в работе решений, является возможность их внедрения без значительных затрат, а также без внесения изменений в программное обеспечение и аппаратную часть преобразователей частоты.

Замечания по работе:

1. В автореферате нет информации, насколько точно соотносятся теоретические расчеты, результаты моделирования и экспериментальных исследований;

2. Нет четкого определения, какие преобразователи частоты относятся к «среднему технико-экономическому классу»;

3. Не ясно, каким образом производился замер тока статора для реализации обратной связи.

В целом, исходя из информации приведенной в автореферате, диссертационная работа «Структурные методы линеаризации динамических характеристик асинхронных электроприводов с частотным управлением» Балденкова А.А. является законченной и содержащей новые результаты научно-квалификационной работой, которая по актуальности, научной новизне и практической значимости отвечает требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», а соискатель достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 - «Электротехнические комплексы и системы».

Генеральный директор АО
Челябинское электротехническое
предприятие,
кандидат технических наук;
454119 г. Челябинск,
ул. Машиностроителей, 2,
+7 (351) 253-77-44,
chetp@chetp.ru



Сидоренко Борис Юрьевич

05 2020г.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Балденкова Александра Александровича
«Структурные методы линеаризации динамических характеристик
асинхронных электроприводов с частотным управлением» представленной на
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

Разработка новых алгоритмов управления асинхронными электроприводами и совершенствование уже существующих, несомненно, позволит расширить сферу применения таких приводов. Это наиболее важно для промышленных предприятий малого и среднего бизнеса, так как позволяет повысить качество продукции, эффективность самих предприятий, и проводить их модернизацию без значительных капитальных затрат. Поэтому актуальность темы диссертации не вызывает сомнений.

Кратко результаты диссертационной работы заключаются в следующем:

1. Автором получена нелинейная передаточная функция, показывающая зависимость формируемого асинхронным приводом момента от частоты статорного напряжения и скольжения, определяемого нагрузкой.
2. Предложен новый подход к исследованию статических и динамических характеристик асинхронных электроприводов по семействам частотных характеристик, построенных по предложенной нелинейной передаточной функции.
3. Предложена структурная коррекция асинхронных электроприводов – динамическая положительная обратная связь по току статора, позволяющая получить точность поддержания скорости при набросе нагрузки $\pm 1\%$, без использования датчика скорости, и, лучшие, в сравнении со стандартными алгоритмами управления динамические процессы.
4. Эффективность предлагаемых решений подтверждена компьютерным моделированием и экспериментально.
5. Разработан новый метод оценки формирования момента в асинхронных электроприводах спектральным анализом тока ротора.

Результаты исследований представлены в ряде публикаций, в том числе – 3 публикации в изданиях, рекомендованных ВАК для специальности 05.09.03, –

9 публикаций в изданиях индексируемых базами *Scopus* и *Web of Science*, также, ряд решений защищены патентами на изобретения.

Замечания:

В автореферате отсутствует описание лабораторного стенда, применяемого для проведения экспериментов, не совсем понятно, каким образом производился спектральный анализ токов ротора. В автореферате не представлены алгоритм или программа реализации положительной обратной связи по току статора в ПЛК. На некоторых рисунках обозначения очень мелкие, что затрудняет восприятие информации

Однако, указанные выше замечания не являются принципиальным с точки зрения основных задач, поставленных и решенных в диссертации, они не снижают общей ценности и полезности проделанной работы, и общей положительной оценки автореферата диссертации.

Считаю, что диссертация Балденкова Александра Александровича «Структурные методы линеаризации динамических характеристик асинхронных электроприводов с частотным управлением» содержит решение актуальной научно-практической задачи – улучшение статических и динамических характеристик асинхронных электроприводов с частотным управлением.

Диссертационная работа соответствует всем требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор, Балденков Александр Александрович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.12 - Электротехнические комплексы и системы.

Генеральный директор
ООО НПП «Резонанс»,
доктор технических наук



Коровин Владимир Андреевич

« 05 » июня 2020 г.

Общество с ограниченной ответственностью Научно-производственное предприятие «Резонанс», 454119, Российская Федерация, г. Челябинск ул. Машиностроителей, д. 10-Б, +7 (351) 731-30-00, rez@rez.ru.