

В диссертационный совет 24.2.437.14 при ФГАОУ
ВО «Южно-Уральский государственный универси-
тет (национальный исследовательский универси-
тет)»

454080, г. Челябинск, пр.Ленина,76

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Горожанкина Алексея Николаевича
«Развитие теории синхронных реактивных и индукторных электрических машин» на
соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.2 «Элек-
тротехнические комплексы и системы»

В последние годы наряду с асинхронными электрическими машинами активно развиваются новые типы машин, которые конструктивно в активной части не содержат обмоток на роторе. К таким машинам относят синхронные реактивные и индукторные электромеханические преобразователи, вентильно-индукторные машины, синхронные реактивные машины, синхронные машины с реактивным возбуждением. Исследования этих машин носят разрозненный, несистемный характер и не охватывают весь класс машин в целом. Нет единых аналитических зависимостей для электромагнитного момента, активной и реактивной мощностей, коэффициента мощности, методов инженерных расчетов таких машин, единых подходов к синтезу управляющих воздействий на статорные обмотки, расчету потерь, не рассматриваются особенности синтеза таких машин для конкретных производственных механизмов с учетом характера нагрузочных и скоростных диаграмм. В связи с вышеизложенным, развитие теории синхронных реактивных и индукторных электрических машин является актуальным.

Целью работы является развитие теории, улучшение потребительских свойств класса синхронных реактивных и индукторных машин. Для достижения цели автором решены следующие задачи:

- 1) Комплексная систематизация сведений по классу синхронных реактивных и индукторных электрических машин с оценкой их возможностей.
- 2) Разработка аналитических математических моделей для расчета показателей эффективности электромеханического преобразования и рекомендаций по выбору параметров электрических машин.
- 3) Разработка методов и алгоритмов оптимизации геометрических размеров активной части электрических машин.
- 4) Синтез управляющих воздействий на статорные цепи электрических машин, обеспечивающих высокие удельные показатели.
- 5) Выбор и верификация метода расчета потерь в стали электрических машин данного класса, коррекция алгоритмов управления с учетом этих потерь.
- 6) Учет особенностей электрических машин исследуемого класса при их выборе для различных областей применения.

В диссертационной работе Горожанкина А.Н. предложены новые решения по развитию теории синхронных реактивных и индукторных электрических машин, а именно:

1) Предложена обобщенная аналитическая математическая модель расчета удельных показателей и эффективности электромеханического преобразования для класса электрических машин, в основу которой положен принцип электромеханического преобразования как изменения энергии всех обмоток машины в функции угла поворота ротора, и отличающаяся тем, что позволяет учесть конфигурацию магнитной системы, тип обмотки и функцию управляющего воздействия;

2) Разработан единый алгоритм многомерной оптимизации размеров элементов магнитопроводов активной части машин, отличающийся тем, что выполнен при разных значениях токовых нагрузок. Дан анализ результатов и установлены общие закономерности соотношений геометрических размеров элементов активной части машин данного класса, позволяющие разработать инженерные методики проектирования и расчета;

3) Предложен метод поэтапной оптимизации управляющих воздействий, состоящей из двух этапов, и единый алгоритм оптимизации.

4) Предложен алгоритм коррекции управляющих воздействий, в основу которого положен принцип поддержания максимальной активной мощности в заданном режиме работы;

5) Разработана методика выбора электрической машины для конкретных применений с учетом требований технологического процесса на основе характеристик машин исследуемого класса. Получены результаты экспериментальных исследований, дан их анализ.

Результаты диссертационной работы используются и внедрены в производственной деятельности: ПАО «Челябинский трубопрокатный завод»; ООО НТЦ «Приводная техника» (г. Челябинск); ООО «Снежинский завод специальных электрических машин». Материалы диссертационной работы используются в учебном процессе при чтении лекций по курсам «Электрические машины», «Системы управления электроприводов», а также в учебных пособиях и лабораторных стендах по данным дисциплинам в ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)».

По теме диссертации опубликовано 67 печатных работ, в том числе 21 научная статья, входящая в перечень ВАК РФ, 19 статей в Международной базе цитирования Scopus, 15 статей и тезисов докладов на научно-технических конференциях, 7 патентов РФ на изобретение и 8 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на международных научно-технических конференциях, а также на заседаниях кафедры «Электропривод, мехатроника и электромеханика» ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», г. Челябинск; на научно-техническом совете ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», отделение электроэнергетики и электротехники, г. Томск.

По автореферату диссертации имеются следующие вопросы и замечания:

1. Из материалов автореферата не ясно, к каким последствиям (погрешностям) приведут допущения, принятые при моделировании электромеханического преобразо-

вания энергии (стр.12). Также, автору следовало бы количественно оценить термин «удовлетворительная погрешность».


2. На наш взгляд, автору следовало бы более подробно объяснить каким образом экстраполируется моделирование для электрических машин среднего диапазона мощностей на машины малой и большой мощности (стр.17).

3. Из материалов автореферата не ясно, рассматривались ли автором исследования вопросы сравнения надежности и наработки на отказ для представленных типов электрических машин.

Указанные замечания не являются принципиальными и не снижают значимость диссертационной работы. Диссертация Горожанкина А.Н. представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, которая отвечает всем требованиям ВАК РФ к докторским диссертациям (п.9 «Положения о присуждении ученых степеней»). Соискатель Горожанкин А.Н. заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.2 – Электротехнические комплексы и системы.

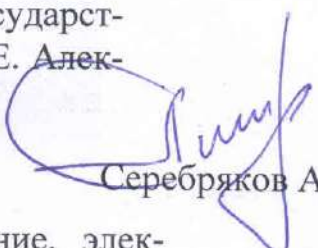
Заведующий кафедрой «Электрооборудование, электропривод и автоматика» Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексева

Доктор технических наук, доцент


А.Б. Дарьенков
Дарьенков Андрей Борисович

Доцент кафедры «Электрооборудование, электропривод и автоматика» Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексева

Кандидат технических наук, доцент


А.В. Серебряков
Серебряков Артем Владимирович

Профессор кафедры «Электрооборудование, электропривод и автоматика» Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексева

Доктор технических наук, профессор,
Заслуженный деятель науки РФ


В.Г. Титов
Титов Владимир Георгиевич

Актисси Борисовиче А.Б., Серебрякове А.В., Титове В.Г. завершено.
С.г. гиснетичеф Владислав Маруиче М.А.
31.08.2012



Докторская диссертация Дарьенкова А.Б. защищена по научной специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

Кандидатская диссертация Серебрякова А.В. защищена по научной специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

Докторская диссертация Титова В.Г. защищена по научной специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

Сведения об организации:

603950, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», телефон: +7 (831) 436-93-79, электронная почта: inel@nntu.ru

Ученому секретарю диссертационного
совета 24.2.437.14 при федеральном
государственном автономном
образовательном учреждении высшего
образования «Южно-Уральский
государственный университет (национальный
исследовательский университет)»

Григорьеву Максиму Анатольевичу
454080, Уральский федеральный округ,
Челябинская область, г. Челябинск, просп.
В.И. Ленина, д. 76

О Т З Ы В

на автореферат диссертации Горожанкина Алексея Николаевича
**«РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ СИНХРОННЫХ РЕАКТИВНЫХ И
ИНДУКТОРНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН»,**
представленной на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальности 2.4.2 Электротехнические комплексы и системы

Диссертационная работа Горожанкина Алексея Николаевича посвящена развитию теории синхронных реактивных и индукторных электрических машин. Актуальность данного научного направления обусловлена активно развивающимися новыми типами электрических машин, которые конструктивно в активной части не содержат обмоток на роторе, ротор несимметричный в магнитном отношении, на статоре может быть одна или две обмотки. К таким машинам относят синхронные реактивные и индукторные электромеханические преобразователи.

Основные научные положения диссертационной работы включают в себя: предложенную обобщенную аналитическую модель расчета удельных показателей и эффективности электромеханического преобразования для класса электрических машин, в основу которой положен принцип электромеханического преобразования, как изменения энергии всех обмоток машины в функции угла поворота ротора, и отличающаяся тем, что модель позволяет учесть конфигурацию магнитной системы, тип обмотки и функцию управляющего воздействия, а также анализ конфигураций магнитных систем машин исследуемого класса. Соискателем разработан единый алгоритм многомерной оптимизации размеров элементов магнитопроводов активной части машин, отличающийся тем, что выполнен при разных значениях токовых нагрузок, а результаты оптимизации обобщены для исследуемого класса электрических машин. Представлен анализ результатов и установлены общие

закономерности соотношений геометрических размеров элементов активной части машин данного класса, позволяющие разработать инженерные методики проектирования и расчета. Предложен алгоритм коррекции, в основу которого положен принцип поддержания максимальной активной мощности в заданном режиме работы.

Практическая значимость работы заключается в возможности на этапе эскизного проектирования на основании математической модели выбрать тип электрической машины в зависимости от требований к ней, а предложенные методы и алгоритмы оптимизации геометрических размеров активной части машины позволяют получить инженерные методики расчета при ее проектировании. Полученные варианты управляющих воздействий выбираются в зависимости от требований к электрической машине со стороны технологического процесса с учетом характера нагрузочных диаграмм, предложенные методы расчёта потерь в стали позволяют косвенно оценить тепловое состояние электрических

В целом работа выполнена на высоком научном и техническом уровне, получены важные теоретические и практические результаты, а основные положения диссертационной работы широко представлены в научных публикациях соискателя.

Вместе с тем, по диссертационной работе имеются следующие замечания:

1. соискатель утверждает, что полученные конечно-элементные модели среднего диапазона мощности позволяют экстраполировать и обобщить результаты оптимизации на другие диапазоны (малой и большой мощности) с точки зрения конфигурации магнитных систем вариацией относительного магнитного сопротивления воздушного зазора. Было бы целесообразно уточнить данные диапазоны мощности электродвигателей;

2. не раскрытым остается вопрос аппаратных и программных средств, с помощью которых были реализованы алгоритмы работы адаптивного регулирования активной мощности, синтеза законов управления токами СРМ и оптимизации размеров элементов магнитопроводов;

3. на стр. 30 автореферата сказано, что по результатам исследования для тягового применения по аналогии с табл. 6 можно рекомендовать FSDC или СРМсЗР, работающие в составе регулируемого тягового электропривода (табл. 7) и наибольшее значение критерия выбора у СРМсАР1 или СРМсАР2 при работе в составе регулируемого электропривода механизмов с нагрузкой вентиляторного типа. Следовало бы описать результаты исследований для электроприводов с другими характерными типами нагрузок.

Указанные замечания носят частный характер и не снижают общую положительную оценку диссертационной работы. В целом же, по совокупности

представленных соискателем результатов, диссертация отвечает требованиям ВАК, выполнена на высоком уровне и является завершённым научным исследованием, а её автор, Горожанкин Алексей Николаевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.2. – «Электротехнические комплексы и системы».

Д.т.н., доцент, заведующий кафедрой
электроники и электротехники
430005, г. Саранск, ул. Большевистская, 68
тел. +79271814789, e-mail: tutaevgm@mail.ru,

Г.М. Тутаев

Тутаев Геннадий Михайлович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва»
(науч. спец. 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы»)

К.т.н., доцент кафедры
электроники и электротехники
430005, г. Саранск, ул. Большевистская, 68
тел. +79510561109, e-mail: bobrovma92@mail.ru,

М.А. Бобров

Бобров Максим Андреевич

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва»
(науч. спец. 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы»)

12.09.2023



Подпись Тутаева Г.М.
"Подпись Боброва М.А. заверяю"
Зам. Начальник управления кадров
Департамента по управлению делами ректора
ФГБОУ ВО "ИГУ им. Н.П. ОГАРЁВА"
И.В. Колесников

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Горожанкина Алексея Николаевича «Развитие теории синхронных реактивных и индукторных электрических машин», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.2 «Электротехнические комплексы и системы»

Для работы в зонах перегрузок по моменту и высоких скоростей вращения ротора зарекомендовали себя синхронные реактивные и индукторные электромеханические преобразователи. Совершенствование возможностей управления за счет прогресса в областях информационной и силовой электроники, а также информационного обеспечения позволяет улучшить удельные показатели электрических машин за счет коррекции формы токовых сигналов, подаваемых на фазные обмотки, в зависимости скорости и момента. В связи с этим работа является актуальной.

Научная новизна заключается в синтезе обобщенных математических моделей, описывающих процесс электромеханического преобразования энергии, по которым выполнен анализ величин момента, активной и полной мощностей с учетом широкого спектра гармонических индукции в воздушном зазоре. Даны рекомендации по выбору параметров электрических машин. Разработаны обобщенные алгоритмы оптимизации конструкции и алгоритмов управления, позволяющие получать результаты для всех электрических машин класса при разных параметрах и условиях оптимизации.

Практическая ценность работы заключается в разработке рекомендации, позволяющих получить инженерные методики расчета и проектирования электромеханических преобразователей исследуемого класса, а также рекомендации по наладке электроприводов на базе исследуемых электрических машин в части синтеза наилучших управляющих воздействий в широких диапазонах скоростей вращения ротора и момента нагрузки. Приведена методика выбора¹ электрической машины в зависимости от требований технологического процесса, основанная на критерии Парето в форме скалярного ранжирования.

По содержанию автореферата имеются следующие вопросы и замечания:

1. Из автореферата не ясно, каким образом осуществлялось перераспределение потерь в меди обмоток на втором этапе оптимизации управляющих воздействий.
2. Что представляется из себя целевая функция при вычислениях в блок-схеме алгоритма (стр. 22 автореферата)?
3. Что понимается под адаптивным регулированием активной мощности (рис. 6)? Не представлен адаптивный регулятор и его параметры.

Сделанные замечания не снижают ценности диссертационной работы, которая представляет собой законченный научный труд, посвященный актуальной теме и содержащей совокупность новых научных результатов, которые вносят значительный вклад в развитие страны. Автореферат диссертационной работы написан ясным, четким языком. Работа соответствует требованиям, предъявляемым ВАК к докторским диссертациям,

а ее автор Горожанкин Алексей Николаевич заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.2 – “Электротехнические комплексы и системы”.

Профессор кафедры «Системы
автоматического управления»
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский
государственный электротехнический
университет (ЛЭТИ) им. В.И. Ленина»,
Доктор технических наук, профессор

Виктор Владимирович Путов

15.09.2023

Путов Виктор Владимирович, Заслуженный профессор СПбГЭТУ «ЛЭТИ», доктор технических наук, профессор, профессор кафедры систем автоматического управления, тел:+7 (812) 234-6818, e-mail: VVPutov@mail.ru

Наименование организации: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», кафедра Систем автоматического управления.

Почтовый адрес:197022, Россия, г. Санкт-Петербург, улица Профессора Попова, дом 5, литера Ф

Подпись Путова Виктора Владимировича заверяю:

Начальник отдела диссертационных советов СПбГЭТУ «ЛЭТИ»

К.э.н.



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Горожанкина Алексея Николаевича «РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ СИНХРОННЫХ РЕАКТИВНЫХ И ИНДУКТОРНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН» на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.2 – Электро-технические комплексы и системы

Целью диссертационной работы является развитие теории, улучшение потребительских свойств класса синхронных реактивных и индукторных машин..

Актуальность работы подтверждена анализом состояния и эффективности работ направленных на исследования новых типов электрических машин, которые конструктивно в активной части не содержат обмоток на роторе, ротор несимметричный в магнитном отношении, на статоре может быть одна или две обмотки. К таким машинам относят синхронные реактивные и индукторные электромеханические преобразователи. Одним из средств повышения эффективности функционирования электроприводов является использование синергетического эффекта при питании электрической машины от электрического преобразователя, возможностей информационного обеспечения и вычислительной техники для комплексной оптимизации синхронных реактивных и индукторных машин, как в номинальном, так и перегрузочных режимах (по скорости, по току и моменту).

Для решения поставленных в работе задач автором выбрано одно из перспективных направлений в области автоматизированного электропривода - комплексная оптимизация электромеханических преобразователей класса синхронных реактивных и индукторных машин по ряду технико-экономических показателей с учетом объектно-ориентированного подхода.

Научная новизна основных положений диссертационной работы состоит в разработке методики выбора электрической машины для конкретных применений с учетом требований технологического процесса на основе характеристик машин исследуемого класса.

Практическая значимость диссертационной работы подтверждена экспериментальными исследованиями и практическими внедрениями на ПАО «Челябинский трубопрокатный завод»; ООО НТЦ «Приводная техника» (г. Челябинск); ООО «Снежинский завод специальных электрических машин».

По автореферату имеются замечания и вопросы.

1. В научных положениях автор предлагает п.3 «...улучшение потребительских свойств электрических машин... ». А какие именно в автореферате не показаны.
2. Из автореферата не понятно как для режима работы с 4-х кратной перегрузкой по току изменяется температура отдельных частей машины и почему выбран такой диапазон изменения величины нагрузки?
3. Из рис.4 видно, что коэффициент мощности двух типов машин равен 0,1. Какова целесообразность их применения?

Указанные замечания и вопросы не снижают практической значимости и научной новизны работы; они лишь уточняют содержание отдельных разделов. Цель и задачи, поставленные в работе, выполнены. Автором представлены теоретические и экспериментальные разработки. Основные положения работы отражены в публикациях автора. Судя представленному по автореферату, работа выполнена на высоком научно-техническом уровне и удовлетворяет требованиям, предъявляемым к докторским дис-

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Забайкальский государственный
университет»
(ФГБОУ ВПО «ЗабГУ»)

Александровская ул., д.30, г.Чита, 672039 Россия

Тел. (302-2) 41-64-44, 41-66-00

Факс: (302-2) 41-64-44

Web-server: www.zabgu.ru

E-mail: mail@zabgu.ru

ОКПО 02069390, ОГРН 1027501148652

ИНН/КПП 7534000257/753601001

28.09.2023 № 32.1-2777

На № _____ от _____

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации

Горожанкина Алексея Николаевича

«Развитие теории синхронных

реактивных и индукторных электрических

машин», представленной на соискание

учёной степени доктора технических наук

по специальности 2.4.2 –

«Электротехнические комплексы и

системы»

Актуальность темы диссертационных исследований не вызывает никаких сомнений. Известно, что в настоящее время в промышленности очень широко используются асинхронные электрические машины в регулируемом электроприводе переменного тока. Но несмотря на это в настоящее время активно развиваются новые типы электрических машин - синхронные реактивные и индукторные электрические машины.

Нет единых аналитических зависимостей при проектировании таких электрических машин, а также единых подходов к их характеристикам.

В связи с вышеизложенным комплексное исследование машин данного класса является актуальным.

Поставленные автором задачи решены полностью.

Важными научными результатами и положениями диссертационной работы являются:

1. Предложена обобщенная аналитическая математическая модель расчета удельных показателей и эффективности электромеханического преобразования для класса электрических машин, в основу которой положен принцип электромеханического преобразования как изменения энергии всех обмоток машины в функции угла поворота ротора, и отличающаяся тем, что позволяет учесть конфигурацию магнитной системы, тип обмотки и функцию управляющего воздействия;

2. Выполнен анализ конфигураций магнитных систем машин исследуемого класса. Разработан единый алгоритм многомерной оптимизации размеров элементов магнитопроводов активной части машин, отличающийся тем, что выполнен при разных значениях токовых нагрузок, а результаты оптимизации обобщены для исследуемого класса электрических машин. Дан анализ результатов и установлены общие закономерности соотношений геометрических размеров элементов активной части машин данного класса, позволяющие разработать инженерные методики проектирования и расчета;

3. Показано, что улучшение потребительских свойств электрических машин исследуемого класса можно добиться, если учитывать синергетический эффект от взаимодействия электрической машины и электрического преобразователя. Предложен метод поэтапной оптимизации управляющих воздействий, состоящей из двух этапов, и единый алгоритм оптимизации. На первом этапе получен максимум отношения электромагнитного момента к потерям в меди обмоток для каждого из дискретных положений ротора. На втором этапе потери в меди перераспределились во времени таким

образом, чтобы улучшить целевые показатели. В качестве таких показателей предложены: максимум среднего момента и минимум его пульсаций;

4. Установлена взаимосвязь между типами электрических машин исследуемого класса и величиной потерь в стали в основных режимах работы. Доказано, что удельная величина электромагнитного момента может быть увеличена путем коррекции управляющих воздействий. Предложен алгоритм такой коррекции, в основу которого положен принцип поддержания максимальной активной мощности в заданном режиме работы;

5. Разработана методика выбора электрической машины для конкретных применений с учетом требований технологического процесса на основе характеристик машин исследуемого класса.

Основные научные положения и выводы прошли достаточную апробацию на международных, всероссийских и региональных конференциях (г. Челябинск, г. Томск, г. Иваново, г. Уфа, г. Курган, г. Астана, г. Сингапур, г. Екатеринбург, г. Ньюкасл (Англия), г. Бангкок (Таиланд), г. Владивосток, г. Пенза).

Необходимо отметить, что результаты диссертационной работы имеют высокую практическую значимость. Они внедрены и используются: ПАО «Челябинский трубопрокатный завод»; ООО НТЦ «Приводная техника» (г. Челябинск); ООО «Снежинский завод специальных электрических машин».

Также подчеркиваю, что диссертационная работа выполнялась в рамках двух федеральных целевых программ и двух грантов Президента РФ, а также постановления Правительства РФ №218 от 09.04.2010.

Достоверность выводов и результатов также не вызывает сомнений.

По теме диссертационных исследований опубликовано достаточное количество печатных работ: 67 печатных работ, в том числе 21 научная статья, входящая в перечень ВАК РФ, 19 статей в Международной базе цитирования Scopus, 15 статей и тезисов докладов на научно-технических конференциях, 7 патентов РФ на изобретение и 8 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.

В качестве замечаний следует отметить следующее: на стр.29 в формуле (5) автореферата не совсем понятно, как получили весовые коэффициенты, которые существенно будут влиять на критерии выбора.

В целом диссертационная работа выполнена на достаточном научно-техническом уровне и соответствует требованиям ВАК России к докторским диссертациям, а соискатель, *Горожанкин Алексей Николаевич*, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.2 – «Электротехнические комплексы и системы»

Доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры энергетики,
Почетный работник высшего профессионального образования РФ,
Заслуженный деятель науки и техники Читинской области

27.09.2023

Иван Флегонтович Суворов

Суворов Иван Флегонтович; 672039, г. Чита, ул. Александрово-Заводская, д. 30,

телефон: +7 924 277 66 40; e-mail: ivan.suvorov.1947@mail.ru



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Горожанкина Алексея Николаевича на тему: «Развитие теории синхронных реактивных и индукторных электрических машин», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.2 – Электротехнические комплексы и системы (технические науки)

Современная тенденция при разработке регулируемого электропривода переменного тока характеризуется ориентацией в большей своей части на асинхронные электрические машины. Однако, известен другой вид электрических машин, которые относятся к синхронным реактивным и индукторным электромеханическим преобразователям. Они конструктивно не содержат в активной части обмоток на роторе, выступающие зубцы ротора служат для замыкания магнитного потока, на статоре может быть одна или несколько обмоток. Теоретическая база ведущих ученых отрасли позволяет выделить такие машины в отдельный класс. Для широкого, конкурентного, технически и экономически целесообразного их распространения необходимо решить научную проблему, связанную с оптимизацией параметров при их производстве применительно к широким диапазонам регулирования частоты вращения ротора и моментов нагрузки рабочего органа. В связи с вышеизложенным, комплексное исследование машин данного класса является актуальным.

Отмечая несомненную научную новизну исследований автора, связанную с разработкой стратегии создания научного направления – нового подхода к разработке и проектированию электрических машин класса синхронных реактивных и индукторных, а также с получением обобщенных аналитических зависимостей для электромагнитного момента, активной и полной мощностей, позволяющих анализировать процессы преобразования и передачи электрической энергии, можно отметить большую практическую значимость, связанную с рекомендациями по определению наилучших параметров и с результатами оптимизации геометрических размеров магнитопроводов, а также связанную с разработкой алгоритма коррекции управляющих воздействий по критерию обеспечения максимального электромагнитного момента с учетом величины магнитных потерь в стали.

По тексту автореферата имеются замечания:

1. Из текста автореферата неясно как были рассчитаны потери в стали для различных типов электрических машин в зависимости от частоты вращения и нагрузки?
2. Разнообразие нагрузок и частот вращения ротора приведет к необходимости разработки слишком большого модельного ряда электрических машин, что представляется экономически нецелесообразным.

Высказанные замечания не ставят под сомнение основные выводы и положения диссертации и позволяют сохранить ее положительную оценку.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что диссертационная работа Горожанкина А.Н. является завершённой научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены теоретические и практические результаты, направленные на решение научно-технической проблемы, имеющей важное хозяйственное значение для промышленности страны – улучшение технико-экономических характеристик синхронных реактивных и индукторных электрических машин, работающих в расширенных диапазонах изменения частот вращения и моментов нагрузки рабочего органа.

Диссертационная работа соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842, а её автор Горожанкин Алексей Николаевич – заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 2.4.2 – Электротехнические комплексы и системы (технические науки).

Профессор кафедры «Вагоны
и вагонное хозяйство»
ФГБОУ ВО «Ростовский
государственный университет
путей сообщения»,
Доктор технических наук (05.22.07), профессор

Петрушин Александр Дмитриевич

3444038, Южный Федеральный округ, Ростовская область, г. Ростов-на-Дону,
пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2

alex331685@yandex.ru

27.09.2023 г.

Подпись

Петрушина А.А.

УДОСТОВЕРЯЮ

Начальник управления делами
ФГБОУ ВО РГУПС

«*д7*» *09* *2023*



Т.М. Канина

Отзыв

на автореферат диссертации Горожанкина Алексея Николаевича «Развитие теории синхронных реактивных и индукторных электрических машин», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.2 – «Электротехнические комплексы и системы»

Синхронные реактивные и индукторные машины имеют большой недоиспользуемый резерв по ряду важных технических характеристик, которые могут быть достигнуты только при совместном учёте работы электрической машины и полупроводникового преобразователя. Улучшение потребительских свойств широкого класса новых синхронных реактивных и индукторных электрических машин требует развития теории, что обуславливает актуальность темы.

Рассматриваемая работа представляет большой интерес, отличается глубиной. В автореферате приведена выполненная автором комплексная систематизация, анализ и удачная классификация рассматриваемых типов машин, полученные в диссертации результаты обладают научной новизной и практической значимостью.

Научную новизну имеют:

- предложенная автором аналитическая математическая модель расчета удельных показателей и эффективности электромеханического преобразования энергии для рассматриваемого класса машин;
- выполненный анализ конфигураций магнитных систем машин исследуемого класса и единый алгоритм многомерной оптимизации размеров элементов магнитопроводов;
- предложенный алгоритм поэтапной оптимизации управляющих воздействий;
- установленная взаимосвязь между типами электрических машин исследуемого класса и величиной потерь в стали в основных режимах работы.

Практическая значимость работы определяется тем, что полученные аналитические математические модели позволяют на этапе эскизного проектирования выбрать тип электрической машины, а также могут быть применены при моделировании работы машины в составе автоматизированного электропривода.

В качестве замечаний можно отметить следующее:

- 1) в автореферате не отражено влияние управляющих воздействий, оптимизирующих отдельные показатели машины, на устойчивость работы электропривода;
- 2) в автореферате указано, что исследуемые машины применяются в тяговых приводах, но синхронные машины при изменении режима работы склонны к колебаниям, это может приводить к развитию автоколебательных процессов при срыве сцепления в мощных тяговых электроприводах рельсового транспорта.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Горожанкина Алексея Николаевича «Развитие теории синхронных реактивных и индукторных электрических машин», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.2 – «Электротехнические комплексы и системы»

По прогнозам многих специалистов доля электроприводов на основе синхронных реактивных и индукторных электрических машин для металлургической и нефтегазовой промышленности, тяговых применений будет постоянно расти. Это обусловлено бесконтактностью, высокой перегрузочной способностью, возможностью увеличения номинального момента за счет редукции скорости и резервов, связанных с возможностью оптимизации как конструктивной части, так и алгоритмов управления благодаря бурному развитию цифровизации. В связи с этим актуальность исследований не вызывает сомнений.

Системный подход к оптимизации электромеханических преобразователей класса синхронных реактивных и индукторных для работы в расширенных диапазонах скоростей и моментов нагрузки позволил автору увеличить удельные показатели по моменту и сформировать подходы и методы к разработке новых серий электрических машин исследуемого класса.

На предлагаемые решения получено 7 патентов на изобретение РФ и 8 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ. Методы и обобщенные алгоритмы оптимизации закладывают научную основу для разработки инженерных методик проектирования электрических машин исследуемого класса и наладки электроприводов на их основе.

В качестве недостатков следует отметить:

1. Согласно п.б заключения оптимизация электромеханических преобразователей выполнялась по ряду технико-экономических показателей. В автореферате не представлены экономические показатели этого ряда.
2. В автореферате не представлена информация по конечно-элементным моделям электрических машин: параметры сетки, название программного продукта.
3. Требуется показать корректность сопоставления теоретических расчетов с результатами моделирования на конечно-элементных моделях без проведения реальных измерений на физическом объекте.

В целом на основании автореферата можно заключить, что работа Горожанкина Алексея Николаевича имеет научную и практическую ценность, удовлетворяет всем требованиям Положения ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям, и её автор заслуживает присвоения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.2 – «Электротехнические комплексы и системы» (технические науки).

И.о. директора федерального государственного автономного научного учреждения «Центр социологических исследований» (ФГАНУ «Социоцентр»)
доктор технических наук, профессор

Келлер Андрей Владимирович

Адрес: г. Москва, ул. Б. Семеновская, 38

29 сентября 2023

andreikeller@rambler.ru



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации

Горожанкина Алексея Николаевича

на тему «Развитие теории синхронных реактивных и индукторных электрических машин»,
представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности

2.4.2 – Электротехнические комплексы и системы

Рассмотрен класс электрических машин, в активной части которых нет обмоток на роторе, ротор несимметричный в магнитном отношении, на статоре может присутствовать одна или две обмотки. К ним относятся, в частности, синхронные реактивные и индукторные электрические машины. Такие машины обладают известными преимуществами, что определяет их применение в электроприводе некоторых механизмов. Однако теория синхронных реактивных и индукторных машин, представленная с единых позиций, в настоящее время только начинает формироваться. Поэтому тема диссертационного исследования Горожанкина А. Н., посвященного развитию теории синхронных реактивных и индукторных машин и их применению в составе электротехнических комплексов преобразования электроэнергии, является актуальной.

Для решения поставленных в работе задач автор использует подход, основанный на «принципе электромеханического преобразования как изменения энергии всех обмоток машины в функции угла поворота ротора, и отличающийся тем, что позволяет учесть конфигурацию магнитной системы, тип обмотки и функцию управляющего воздействия».

Автором «разработан единый алгоритм многомерной оптимизации размеров элементов магнитопроводов активной части машин, отличающийся тем, что выполнен при разных значениях токовых нагрузок, а результаты оптимизации обобщены для исследуемого класса электрических машин».

Рассмотрены вопросы моделирования процессов в электрических машинах исследуемого класса.

Автором сформулированы по результатам работы пять положений о научной новизне, достоверность которых подтверждена.

Приведены сведения, подтверждающие практическую значимость диссертационного исследования.

Основные положения исследования опубликованы в виде статей в научных изданиях, входящих в перечень ВАК и международные базы цитирования. Промежуточные результаты исследования доложены и обсуждены на научно-технических конференциях различного уровня.

Замечания по автореферату.

1. Следует пояснить, почему в названии работы не отражены, кроме электрических машин, другие равновесные составные части структуры электротехнического комплекса преобразования электроэнергии, как того требует паспорт специальности 2.4.2.

2. В автореферате указано, что объектом исследования являются синхронные реактивные и индукторные электрические машины. Какое место в исследовании занимают другие равновесные составные части структуры электротехнического комплекса?

3. При определении взаимосвязи между типами электрических машин и величиной потерь в стали (четвертое положение о научной новизне) автор упоминает режим работы на «высоких скоростях». На с. 28 автореферата указано, что «высокая скорость» вращения

характеризуется четырехкратным превышением номинальной частоты вращения. В электроприводе каких механизмов электродвигатель работает в режиме четырехкратного превышения номинальной угловой скорости?

4. Из автореферата следует, что пятое научное положение о разработке методики выбора электрической машины для конкретного применения с учетом требований технологического процесса носит частный характер, так как не учитывает передаточное отношение редуктора. Поэтому в общем случае методика применима только для безредукторного электропривода.

5. В четвертом выводе (с. 31) для характеристики режима работы электропривода следовало использовать терминологию из области теории электропривода и, в частности, ГОСТ Р 52776-2007.

Оценивая работу в целом, считаю, что диссертация Горожанкина А. Н. является научно-квалификационной работой, в которой: 1) решена научная проблема математического и компьютерного моделирования синхронных реактивных и индукторных электрических машин; 2) выполнено обоснование комплексного технического критерия оценки принимаемых решений в области проектирования электропривода; 3) предложена методика параметрического синтеза и оптимизации электротехнических комплексов на основе синхронных реактивных и индукторных машин; 4) разработаны алгоритмы эффективного управления формой тока синхронных реактивных и индукторных электрических машин, имеющая важное хозяйственное значение для электротехнической отрасли страны.

По содержанию и по форме работа соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 (в ред. от 01.10.2018 г.), а ее автор, Горожанкин Алексей Николаевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.2 – Электротехнические комплексы и системы.

Профессор кафедры электрификации горных предприятий ФБГОУ ВО «Уральский государственный горный университет», д-р техн. наук (2.4.2), ст. научн. сотр. (электрооборудование (промышленность))
Карякин Александр Ливиевич

5.10.2023

Полное наименование организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный горный университет»

Юридический адрес:

620144, Свердловская обл., г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, д. 30

Тел.: +7 (343) 251-48-38

E-mail: office@ursmu.ru

Подпись Карякина Александра Ливиевича заверяю.

Начальник отдела кадров



Т. Б. Сабанова

В диссертационный совет Д 24.2.437.14
при ФГАОУ ВО
«Южно – Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 76, главный корпус, Учёный совет ЮУрГУ,
тел./факс: +7 (351) 272 - 32 - 30, доб. 7. E-mail: gorozhankinan@susu.ru;

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Горожанкина Алексея Николаевича
«Развитие теории синхронных и реактивных электрических машин», представленной на
соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 2.4.2 – Электротех-
нические комплексы и системы.

Электрическая машина является основным средством управления технологическим процессом. Работа Горожанкина Алексея Николаевича представляет исследование удельных характеристик, статических и динамических режимов синхронных реактивных и индукторных электрических машин, энергетических показателей.

Целью работы является развитие теории, улучшение потребительских свойств класса синхронных реактивных и индукторных машин. Цель обусловлена необходимостью осуществления комплексной оптимизации рассматриваемого класса машин, как в номинальных, так и перегрузочных режимах (по скорости, по току и моменту).

Работа основывается на выявлении новых свойств и качеств электропривода в результате исследования электрических машин, питающихся от электрического преобразователя и возможности информационного обеспечения и вычислительной техники.

Представленные исследования и научные положения, связанные единой целью разработанной концепции, рассматриваются как решение научной проблемы, имеющей важное народно-хозяйственное значение, отвечающее актуальной проблеме современности – эффективного управления и энергосбережения.

Научная новизна результатов диссертационной работы заключается в следующем:

1. Предложена обобщённая аналитическая математическая модель расчёта удельных показателей и эффективности электромеханического преобразования для класса электрических машин, в основу которой положен принцип электро-механического преобразования как изменения энергии всех обмоток машины в функции угла поворота ротора, и отличающаяся тем, что позволяет учесть конфигурацию магнитной системы, тип обмотки и функцию управляющего воздействия;

2. Выполнен анализ конфигураций магнитных систем машин исследуемого класса. Разработан единый алгоритм многомерной оптимизации размеров элементов магнитопроводов активной части машин, отличающийся тем, что выполнен при разных значениях токовых нагрузок, а результаты оптимизации обобщены для исследуемого класса электрических машин. Дан анализ результатов и установлены общие закономерности соотношений геометрических размеров элементов активной части машин данного класса, позволяющие разработать инженерные методики проектирования и расчёта.

3. Показано, что улучшение потребительских свойств электрических машин исследуемого класса можно добиться, если учитывать синергетический эффект от взаимодействия электрической машины и электрического преобразователя. Предложен метод поэтапной оптимизации управляющих воздействий, состоящей из двух этапов, и единый алгоритм оптимизации. На первом этапе получен максимум отношения электромагнитного момента к потерям в меди обмоток для каждого из дискретных положений ротора. На втором этапе

потери в меди перераспределялись во времени таким образом, чтобы улучшить целевые показатели.

5 В качестве таких показателей предложены: максимум среднего момента и минимум его пульсаций;

4. Установлена взаимосвязь между типами электрических машин исследуемого класса и величиной потерь в стали в основных режимах работы (номинальный, перегрузка по току, работа на высоких скоростях). Показано, что удельная величина электромагнитного момента может быть увеличена путём коррекции управляющих воздействий. Предложен алгоритм такой коррекции, в основу которого положен принцип поддержания максимальной активной мощности в заданном режиме работы;

5. Разработана методика выбора электрической машины для конкретных применений с учётом требований технологического процесса на основе характеристик машин исследуемого класса.

Основные тезисы работы хорошо представлены в опубликованных трудах автора. Автореферат даёт представление о диссертационной работе и основных научных и практических результатах, полученных автором.

Замечания по автореферату:

1. в автореферате нет характеристик, в графическом виде показывающих зависимости основных показателей качества (КПД, cos(φ), потребляемой и отдаваемой исполнительному механизму мощности в условиях ограничения напряжения источника питания) от нагрузки, позволяющих сравнить возможности работы той или иной конструкции электрической машины рассматриваемого класса;

2. нет сравнения нагрузочных характеристик рассматриваемого класса машин с асинхронными машинами и синхронными машинами с постоянными магнитами явнополюсными и неявнополюсными, учитывая высокую стоимость электроэнергии;

3. если в работе приняты столь серьёзные допущения (характеристика намагничивания линейна, потоки рассеивания отсутствуют) то стоит ли говорить об оптимизации;

4. в автореферате нет информации об эффективности использования мощности, подводимой к обмоткам двигателя, не показана работа машины при малой нагрузке;

5. поскольку в автореферате рассматривается формирование управляющих воздействий, то следовало бы описать регуляторы, должны быть динамические модели каждой из рассматриваемого класса машин. В противном случае, как ими управлять.

Указанные недостатки не снижают качество исследований, а содержание автореферата позволяет сделать вывод, что диссертационная работа выполнена на хорошем научно – техническом уровне.

На основании изложенного считаю, что диссертационная работа соответствует критериям, которым должны отвечать диссертации на соискание учёной степени доктора технических наук, изложенных в соответствующих постановлениях правительства РФ от 21.04.2016 №335, 01.10.2018 N 1168, 26.09.2022 № 1690, а её автор Горожанкин Алексей Николаевич заслуживает присуждения ему учёной степени доктора технических наук по специальности 2.4.2 – Электротехнические комплексы и системы.

ФГБОУ ВО "Сибирский государственный университет водного транспорта"
доктор технических наук,
профессор кафедры
электрооборудования и автоматики

Филушов Юрий Петрович
04. 10. 2023

E-mail: filushov@mail.ru; тел.: 8 (905) 945 39 23

адрес организации: 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина 33, каф. ЭиА, СГУВТ.

Подпись Филушова Юрия Петровича
заверяю:



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Горожанкина Алексея Николаевича на тему "Развитие теории синхронных реактивных и индукторных электрических машин", представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.2 – Электротехнические комплексы и системы

Появившиеся в последнее время новые типы электрических машин начинают занимать определенную нишу в области регулируемого электропривода. Отличительной особенностью таких машин является отсутствие в активной части обмоток на роторе. С конструктивной стороны они отличаются довольно широким многообразием.

Отсутствие системного подхода к исследованию данного класса электрических машин с точки зрения регулировочных характеристик и удельных показателей делает задачи, поставленные автором чрезвычайно актуальными. Это подтверждается также, отсутствием методик расчета и оптимизации параметров машин с позиции достижения предельных показателей.

Автором поставлены и решены научные задачи, связанные с разработкой аналитических математических моделей для расчета показателей эффективности электромеханического преобразователя, методов и алгоритмов оптимизации геометрических размеров активной части электрических машин, синтез управляющих воздействий на статорные цепи двигателей, обеспечивающие достижения высоких удельных показателей. Не вызывает возражений обоснованный автором выбор математического аппарата, а также его стремление к разработке средств оптимального проектирования электромеханического преобразователя с позиции повышения удельных характеристик. Методика проведения исследований базируется на современной теоретической основе и не выходит за рамки принятых допущений.

Предложенный автором подход к разработке электромеханических преобразователей относящихся к классу синхронных реактивных и индукторных машин учитывающий не только особенности совместной работы полупроводникового и электромеханического преобразователей, а и характер нагрузочных и скоростных диаграмм механизмов и позволивший обосновать ряд важных допущений и рекомендаций при разработке инженерных методик проектирования - имеет научное и практическое значение.

Практическая ценность работы подчеркивается результатами внедрения теоретических и практических результатов работы в целом ряде предприятий уральского региона. Обоснованность научных решений, выводов и рекомендаций по проектированию подтверждается как наличием публикаций в изданиях рекомендуемых ВАК и входящих в систему цитирования Scopus, наличием патентов на изобретения РФ, свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ так и большим количеством публичных обсуждений, выносимых в работе положений.

Замечания по автореферату:

- из автореферата не ясно какие критерии использовались при выборе габарита (мощности) электрической машины для оптимизационной модели;
- в заключении отмечено, что получены обобщенные аналитические зависимости электромагнитного момента в функции углового положения ротора и времени ..., а в тексте автореферата их не наблюдается, что несколько затрудняет восприятие материала;

В целом диссертационная работа Горожанкина Алексея Николаевича на тему " Развитие теории синхронных реактивных и индукторных электрических машин ", является законченной научно-исследовательской работой, в которой содержится решение актуальной проблемы.

Диссертационная работа Горожанкина Алексея Николаевича по уровню научной новизны, практической ценности, реализации полученных результатов в промышленности, по объему и содержанию теоретических и экспериментальных исследований соответствует современным требованиям ВАК РФ, а ее автор Горожанкин Алексей Николаевич заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.2 – Электротехнические комплексы и системы.

Автореферат диссертации обсужден на заседании научно-технического совета электротехнического факультета Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета.

Председатель НТС ЭТФ
Декан факультета энергетики и
Управления ФГБОУ ВО «Комсомольский
-на-Амуре государственный университет»
к.т.н., доц.



Гудим Александр Сергеевич

ОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ
05.10.2023 г.

Начальник управления кадрами и делами

В.А. Соловьев

Профессор кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок» ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет», доктор технических наук (научная специальность 05.13.06), профессор

Соловьев Вячеслав Алексеевич



ОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ
10.10.2023 г.

Начальник управления кадрами и делами

В.А. Соловьев

Дата 05.10.2023

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет»
681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, д. 27,
тел. (4217) 53-23-04, e-mail: kepapu@knastu.ru, http://knastu.ru

Подписи декана факультета Гудима А.С. и профессора Соловьева В.А. заверяю

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Горожанкина Алексея Николаевича «Развитие теории синхронных реактивных и индукторных электрических машин», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.2 – Электротехнические комплексы и системы

В связи с развитием элементной базы информационной и силовой электроники, а также на волне цифровизации появляются возможности использования резервов синхронных реактивных и индукторных электрических машин, исследованием которых занимался автор диссертационной работы. Области применения таких электромеханических преобразователей постоянного расширяются: металлургический, тяговый электроприводы, электроприводы буровых установок нефтегазовой отрасли. В связи с этим улучшение потребительских свойств электрических машин данного класса является актуальным.

Практическая ценность заключается в получении соотношений активных материалов, которое закладывается в основу разработки инженерных методик проектирования и расчета. Исследование параметров электрической энергии, которая подводится от электрического преобразователя на фазные обмотки электрических машин, позволяет разработать оптимальные алгоритмы управления при заданных значениях нагрузки и скорости вращения ротора.

По автореферату диссертационной работы имеются вопросы и замечания:

1. Из автореферата не ясно, проводились ли исследования параметров напряжения, подаваемого на фазные обмотки электрических машин исследуемого класса, в расширенных диапазонах изменения момента и скорости вращения ротора.
2. Согласно автореферату, автор проводил оптимизацию по целевым показателям: минимум пульсаций момента или максимум его среднего значения. Не вступают ли в противоречие эти показатели? Выполнялись ли расчеты величины проигрыша по одному из показателей при оптимизации по другому показателю?

Данная диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым ВАК к докторским диссертациям, а ее автору Горожанкину Алексею Николаевичу может быть присуждена ученая степень доктора технических наук по специальности 2.4.2 – Электротехнические комплексы и системы.

Генеральный директор ООО НТЦ
«Приводная техника»



А.А. Буланов
Буланов Александр Александрович

9.10.2023

Научный консультант ООО НТЦ
«Приводная техника»,

доктор технических наук, профессор
454007, г. Челябинск, ул. 40-лет Октября,
д. 19, тел.: +7 (351) 775-14-20; e-mail: office@momentum.ru



Е.Я. Омельченко
Омельченко Евгений Яковлевич