

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.310.02,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ «КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ  
НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 24 сентября 2024 г., № 24

О присуждении Доану Нгок Ши, гражданину Социалистической Республики Вьетнам, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Система управления асинхронными электродвигателями с комбинированной обмоткой для повышения КПД путем оптимизации магнитного потока» по специальности 2.4.2 – «Электротехнические комплексы и системы» принята к защите 2 июля 2024 г. (протокол заседания № 18) диссертационным советом 24.2.310.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный энергетический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 420066, г. Казань, ул. Красносельская, д. 51, приказ № 1181/нк от 12.10.2022 г.

Соискатель Доан Нгок Ши, 03.10.1976 года рождения.

В 2004 году окончил Технический педагогический университет по специальности «Электротехника и электроника» в городе Хошимин, Вьетнам.

В 2010 году окончил Военно-техническую академию по специальности «Электронная техника» в городе Ханой, Вьетнам.

В 2022 году окончил очную аспирантуру ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» по направлению 13.06.01 – Электро и теплотехника.

Диссертация выполнена на кафедре «Электроснабжения промышленных предприятий» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный энергетический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – Цветков Алексей Николаевич, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», кафедра «Электроснабжения промышленных предприятий», доцент кафедры.

Официальные оппоненты:

1. **Колпахчян Павел Григорьевич**, доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», профессор кафедры «Электрическая тяга»;

2. **Копырин Владимир Анатольевич**, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», доцент кафедры «Электроэнергетики».

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань, в своём положительном заключении, утвержденном доктором технических наук, доцентом, проректором по научной и инновационной деятельности Бабушкиным Виталием Михайловичем, указала, что диссертация является завершённой научно-квалификационной работой, содержащей результаты исследований, которые вносят важный вклад в развитие методов повышения эффективности электромеханических преобразователей, а также повышения качества проектирования электроприводов.

Диссертационная работа является завершённой научно-квалификационной работой, которая удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» Российской Федерации, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор, Доан

Нгок Ши, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2 – «Электротехнические комплексы и системы».

Соискатель имеет 11 опубликованных работ по теме диссертации объемом 3,34 печатных листа и авторским вкладом 2,4 печатных листа; работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в международной базе данных SCOPUS/Web Of Science – 1 статья, объемом 0,38 печатных листа и авторским вкладом 0,2 печатных листа; в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК – 2 статьи, объемом 1,44 печатных листа и авторским вкладом 1 печатный лист; в материалах всероссийских и международных конференций – 7 статей, объемом 1,52 печатных листа и авторским вкладом 1,2 печатных листа. Также получено 1 свидетельство о регистрации программы для ЭВМ объемом 0,06 печатных листа и авторским вкладом 0,04 печатных листа.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем учёной степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Doan, N. S. Study and implementation of space vector pulse width modulation inverter on an Arduino / N. S. Doan, A. N. Tsvetkov, T. H. Nguyen // E3S Web of Conferences 288 – 2021- 01059.

2. Доан, Н. Ш. Аппаратно-программный комплекс для экспериментального исследования электроприводов асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором с традиционной обмоткой и двигателей с комбинированной обмоткой / А. Н. Цветков, Н. Ш. Доан // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики – 2021. – Т.23. - № 6. – С.157-165.

3. Доан, Н. Ш. Исследования по оптимизации векторного управления асинхронным двигателем с применением системы аналитического контроля/ А. Н. Цветков, Н. Ш. Доан, Д. А. Ярославский // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики – 2022. - Т24. - № 3. – С.144-157.

4. Свидетельство № 2021681983 Рос. Федерация. Управление макетным

образцом аналитического контроля электродвигателей с комбинированной обмоткой с возможностью корректировки модели. / Цветков Алексей Николаевич, Доан Нгок Ши, Манахов Валерий Александрович. – № 2021681236; заявл. 21.12.2021; зарегистр. 28.12.2021; опубл. 15.01.2022. – 1 с.

На диссертацию и автореферат поступило 4 отзыва. Из них положительных – 4. С замечаниями – 4.

Отзывы прислали:

1. Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Электропривода и автоматизации промышленных установок» ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет» Котин Денис Анатольевич и ассистент кафедры «Электропривода и автоматизации промышленных установок» ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет» Иванов Илья Алексеевич.

*Замечания:*

1) Математическая модель электромеханической системы, представленная в виде дифференциальных и алгебраических уравнений (1)-(3), содержит ряд неточностей и требует дополнительных пояснений. Так, например, все переменные, относящиеся к токам, напряжениям и потокосцеплениям, являются не скалярными величинами, а алгебраическими векторами, угловая скорость ротора должна быть электрической, а не механической, не представлено описание выбранного координатного базиса и т.д.

2) В положениях, выносимых на защиту, а также научной новизне диссертации указано, что разработанная математическая модель объекта исследования позволяет определять оптимальное значение магнитного потока. Однако, в дальнейшем тексте автореферата отсутствует аналитическое выражение критерия оптимальности и какие-либо сведения о методах решения сформулированной данным образом задачи.

3) В автореферате автор формулирует базовые принципы векторного управления электроприводами переменного тока в виде комбинации

разрешенных состояний полупроводниковых ключей автономного инвертора, что является некорректным и по своей сути относится к способам технической реализации трехканальных управляющих воздействий.

4) При построении системы управления используется принцип суперпозиции и при этом в разделе 3 не приведена аналитическая процедура определения суммарного вектора тока от действия двух трехфазных обмоток статора, соединенных в треугольник и звезду, и имеющих различные проекции на взаимоортогональные оси синхронно-вращающейся системы координат.

2. Кандидат технических наук, доцент кафедры «Электротехнологий, электрооборудования и автоматизированных производств» ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова» Романов Роман Артемьевич.

*Замечания:*

1) В автореферате не приведена информация о том, что проведена оценка надежности разработанной системы эффективного управления и контроля. Проводилась ли данная оценка?

2) Судя по результатам, показанным на рисунке 14, не понятно, каков максимальный уровень отклонения между экспериментом и моделированием?

3. Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Электропоезда и локомотивы» ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта» Чучин Антон Александрович.

*Замечания:*

1) Не ясно, с какой целью результирующий вектор управления смещен на 19 градусов, и почему именно с отставанием от звезды?

4. Кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой «Информатика и информационные технологии», Рязанского института (филиала) ФГАОУ ВО «Московский политехнический институт» Асаева Татьяна Александровна.

*Замечания:*

1) В автореферате не приводятся основные параметры объекта

исследования (электродвигателя), указана только марка, но судя по тому, что двигатель не является серийно изготавливаемым, то и его параметры отличаются.

2) В формулах 4 и 6 символы обмотки, соединенной в треугольник не унифицированы и имеют разные обозначения.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается** их известностью своими достижениями в данной отрасли науки, наличием публикаций в соответствующей сфере исследований и их квалификацией определять научную и практическую ценность диссертации.

Официальный оппонент Колпахчян Павел Григорьевич является доктором технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы», является специалистом в области проектирования электрических машин, применяемых в тяговом электроприводе, а также в области разработки методов управления электроприводами, имеет соответствующие публикации в сфере исследований, которым посвящена диссертация.

Официальный оппонент Копырин Владимир Анатольевич является кандидатом технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы», занимается исследованиями, направленными на разработку и создание новых методов, моделей управления режимами работы электротехнических комплексов погружных установок для добычи нефти, имеет соответствующие публикации.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань, занимается научной деятельностью по приоритетным направлениям развития науки, техники, выполнением фундаментальных и прикладных научно-инновационных исследований в области электроэнергетики, электромеханики и силовой электроники. Одним из научных направлений деятельности сотрудников кафедры «Электрооборудования» является

исследования в области разработки гибридных силовых установок транспортных средств, методов оптимального управления и определения параметров электромеханических модулей. Сотрудники имеют соответствующие публикации.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**разработана** математическая модель асинхронного электродвигателя с комбинированной обмоткой, позволяющая определить оптимальный магнитный поток для снижения уровня потерь мощности;

**разработана** электротехническая система эффективного управления с универсальным преобразователем частоты и алгоритмом на основе математической модели асинхронного электродвигателя с комбинированной обмоткой, отличающаяся улучшенными характеристиками электропривода за счет оптимизации магнитного потока, снижения потерь мощности и смещения результирующего вектора управления;

**разработана** электротехническая система контроля энергетических характеристик асинхронного электродвигателя с комбинированной обмоткой;

**предложено** научно обоснованное решение задачи повышения коэффициента полезного действия электроприводов на основе асинхронных электродвигателей с комбинированной обмоткой путем оптимизации магнитного потока;

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

**доказана** работоспособность разработанных математической модели и алгоритма управления для повышения КПД, крутящего момента электроприводов на основе асинхронного электродвигателя с комбинированной обмоткой и снижения уровня помех;

**применительно к проблематике диссертации результативно использовано** компьютерное моделирование в средах *Simulink* и *VisualStudio*;

**изложены** результаты исследований изменения коэффициента полезного действия электропривода в зависимости от нагрузки и скорости вращения вала двигателя;

**изучено** изменение величины потерь мощности в асинхронных электродвигателях в зависимости от направления результирующего вектора системы управления и величины крутящего момента на валу.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики** подтверждается тем, что:

**разработаны и внедрены** (имеется акт реализации) метод, алгоритм и программное обеспечение управления электродвигателем с комбинированной обмоткой с оптимизацией магнитного потока и система контроля энергетических характеристик с устройством удаленного мониторинга на станке-качалке нефтедобывающей скважины и в учебный процесс ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» при подготовке магистров по направлению 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»;

**разработана** программа для ЭВМ для управления системой контроля электродвигателей с возможностью корректировки модели;

**определено** оптимальное положение результирующего вектора системы управления электродвигателей с комбинированной обмоткой с отставанием от положения вектора обмотки «звезда» на 19 электрических градусов, как оказывающей наибольшее влияние на процесс управления;

**представлены** практические рекомендации по синтезу систем управления электроприводов на основе электродвигателей с комбинированной обмоткой, требующих корректировки алгоритмов управления.

**Оценка достоверности результатов исследований выявила:**

**теория** не противоречит известным из литературы данным, согласуется с опубликованными теоретическими и экспериментальными работами других авторов;

**идея** базируется на определении оптимального магнитного потока и повышении крутящего момента электродвигателя за счет определения



минимальной величины потерь мощности и смещения результирующего вектора магнитного поля в алгоритме управления;

**установлено** соответствие полученных при компьютерном моделировании результатов снижения величины потерь мощности с экспериментальными данными, полученными при испытаниях на построенном макетном образце электротехнической системы эффективного управления.

**Личный вклад соискателя** состоит в участии во всех этапах получения результатов, подготовке публикаций, разработке математической модели асинхронного двигателя для минимизации потерь, метода управления электродвигателем с комбинированной обмоткой, создании электротехнического комплекса контроля энергетических характеристик синхронного двигателя с возможностью корректировки алгоритмов управления, обсуждении результатов, представлении докладов на конференциях.

**В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:**

В процессе проведения испытаний получены данные по энергетическим параметрам двигателя при работе под нагрузкой. Однако не приведены результаты экспериментов, проведенные на холостом ходу, при перегрузке и в режиме короткого замыкания.

Не представлен экономический анализ обоснования применения асинхронных электродвигателей с комбинированной обмоткой.

Соискатель Доан Нгок Ши согласился с замечаниями.

**Диссертационный совет рекомендует** использовать результаты диссертационного исследования Доана Нгок Ши в научно-исследовательских учреждениях и лабораториях при проектировании преобразователей частоты с целью расширения их функциональных возможностей и внедрению в эксплуатацию асинхронных электродвигателей с комбинированной обмоткой как более энергоэффективных по сравнению с традиционными асинхронными электродвигателями.

Полученные в работе результаты могут быть использованы на промышленных предприятиях АО «ЧЭАЗ», ОАО «Ижевский электромеханический завод», АО «Ижевский радиозавод», ООО НПП «ЭКРА», на предприятиях нефтедобывающей отрасли АО «ГРИЦ», ПАО «Татнефть» им. В.Д. Шашина, АО «Белкамнефть» им. А.А. Волкова, высших учебных заведениях НИУ МЭИ, КГЭУ, Ивановском энергетическом институте при подготовке специалистов направлению 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника». Разработанный метод минимизации потерь мощности позволит улучшить показатели электроэнергетических и производственных предприятий Социалистической Республики Вьетнам при модернизации силового оборудования и приводной техники.

На заседании 24 сентября 2024 года, протокол № 24, диссертационный совет за решение задачи повышения КПД асинхронных электродвигателей с комбинированной обмоткой оптимизацией магнитного потока и разработку метода минимизации потерь мощности, принял решение присудить Доану Нгок Ши ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 16 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 13, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель  
диссертационного совета



Ваньков Юрий Витальевич

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Зиганшин Шамиль Гаязович

24 сентября 2024 г.