

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Чуприны Николая Валентиновича

на тему «Система прямого управления моментом тягового синхронного двигателя локомотива с минимизацией тока обмотки статора»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы

Актуальность избранной темы

Уменьшение потребления топливно-энергетических ресурсов локомотивов и электропоездов является важной задачей для разработчиков подвижного состава железных дорог. Решить ее можно за счет использования в тяговой передаче энергетически эффективных электроприводов переменного тока. Применение синхронных двигателей с возбуждением от постоянных магнитов, расположенных на роторе, в тяговом электроприводе является перспективным вариантом решения данной задачи. Синхронные двигатели с возбуждением от постоянных магнитов могут иметь необходимые тяговые характеристики при схожих массогабаритных показателях с асинхронными двигателями. Силовая часть полупроводникового преобразователя энергии у синхронных тяговых двигателей и асинхронных тяговых двигателей идентична, т.к. конструкция статоров и схем обмоток этих электрических машин в целом одинакова. При этом высокие энергетические характеристики синхронных двигателей с возбуждением от постоянных магнитов в тяговом электроприводе должны быть обеспечены корректным управлением потокосцеплением.

Автором диссертации предложено повышение энергетической эффективности синхронного тягового двигателя с возбуждением от постоянных магнитов за счет выбора рационального значения потокосцепления статора, обеспечивающего минимум тока обмотки статора в системе прямого управления моментом, при сохранении тяговых характеристик электропривода в различных режимах работы.

Учитывая вышеописанное, тема диссертации Чуприны Николая Валентиновича является актуальной и имеет научную и практическую значимость, результаты проведенного исследования могут быть использованы для создания энергетически эффективного тягового электропривода переменного тока подвижного состава железных дорог.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Автором достаточно строго сформулированы научные положения, что дало ему возможность сделать обоснованные выводы. Уровень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационном исследовании, обеспечивается методологической обоснованностью исходных посылок, совокупностью методов, адекватных цели и задачам исследования, сочетанием теоретического анализа с большим количеством и достаточностью моделирования. Также обоснованность полученных в диссертационном исследовании рекомендаций подтверждается внедрением отдельных результатов в обособленном подразделении ООО «ТМХ Инжиниринг» в г. Брянск «Конструкторское бюро «Локомотивы» и АО «Управляющая компания «Брянский машиностроительный завод». Для решения поставленных задач применены современные методы научного исследования, основанные на теоретической электротехнике, теории электропривода, теории электрических машин, теории автоматического управления, компьютерного и физического моделирования. Экспериментальные исследования проведены на разработанной с участием автора лабораторной установке.

Достоверность и новизна, полученных результатов

Достоверность полученных результатов обеспечивается обоснованностью используемых теоретических зависимостей и принятых допущений при анализе электромагнитных и электромеханических процессов, применением известных математических методов; подтверждается согласованием результатов теоретических исследований с экспериментальными данными.

В процессе диссертационного исследования автором получены следующие новые научные результаты:

- разработана математическая модель синхронного двигателя с возбуждением от постоянных магнитов в системе координат $d-q$, учитывающая потери мощности в магнитопроводе статора и в постоянных магнитах, насыщение магнитопровода статора, а также температуру обмотки статора, магнитопровода статора и постоянных магнитов;

- установлено, что изменение потокоцепления статора оказывает влияние на значение тока обмотки статора синхронных двигателей с возбуждением от постоянных магнитов;

- получены формулы для вычисления задания на потокосцепление статора в функции параметров эквивалентной схемы замещения синхронных двигателей с возбуждением от постоянных магнитов и их момента сопротивления, обеспечивающие минимум тока обмотки статора.

- разработаны математическая модель и алгоритмы работы системы прямого управления моментом синхронных двигателей с возбуждением от постоянных магнитов с поиском минимума тока обмотки статора.

Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов:

- разработаны математические модели электроприводов с системами прямого управления моментом синхронных двигателей с различными типами магнитной системы ротора, которые позволяют оценивать эффективность преобразования энергии и реализации механических характеристик в зонах постоянства момента и мощности;

- разработан лабораторный стенд, позволяющий исследовать энергетические и механические характеристики электропривода с системой прямого управления моментом асинхронного двигателя;

- установлена зависимость тока обмотки статора и потерь мощности синхронных двигателей с возбуждением от постоянных магнитов с различными типами магнитной системы ротора от потокосцепления статора;

- предложены способы формирования задания на потокосцепление статора синхронных двигателей с возбуждением от постоянных магнитов, применение которых позволяет реализовывать механические характеристики с минимально возможным током обмотки статора при текущем режиме работы без ухудшения показателей качества регулирования.

Оценка содержания диссертации, её завершенность

Диссертация имеет следующую структуру: введение, четыре раздела, заключение, список литературы из 143 наименований, два приложения. Основной текст диссертационного исследования отражен на 170 страницах, включая 84 рисунка и 13 таблиц.

Содержание диссертации охватывает все основные вопросы поставленных в ней задач и определивших научную новизну исследования. Диссертационное исследование логически структурировано, написано на понятном языке с использованием терминологии, принятой в исследуемой области знаний;

материал диссертации изложен четко и грамотно, хорошо иллюстрирован. Последовательность изложения материала и логическая взаимосвязь разделов между собой создает целостное представление о содержании проведенного в диссертации исследования и подчеркивает аргументированность сделанных автором выводов, положений и формулировок. По каждому разделу и по исследованию в целом сделаны соответствующие выводы, которые адекватно отражают полученные научные и практические результаты и законченность решений по каждой поставленной задаче, поэтому исследование можно считать завершенным.

Во введении диссертации представлена актуальность темы исследования, рассмотрена степень ее разработанности, определены объект и предмет исследования, сформулированы цель и задачи исследования, изложены теоретическая и практическая значимость работы, ее научная новизна, описаны используемые методы исследования, определены положения, выносимые на защиту, указана степень достоверности и апробация результатов.

В первом разделе проведен анализ современных и перспективных тяговых электроприводов железнодорожного транспорта, который показал, что наибольшую долю в тяговом электроприводе переменного тока занимают асинхронные двигатели, первое практическое применение синхронных двигателей в качестве тяговых происходит, в основном, в электропоездах; синхронные двигатели с возбуждением от постоянных магнитов получили широкое распространение в электромобилях. В результате анализа применяемых систем управления электроприводов было установлено, что для достижения требуемых энергетических показателей качества и реализации тяговых задач целесообразно применять системы прямого управления моментом двигателей переменного тока.

Во втором разделе была выполнена разработка математических моделей, описывающих преобразование энергии в электрических машинах переменного тока. Автор использует систему координат $d-q$, которая неподвижна относительно ротора, для математического описания синхронного двигателя с возбуждением от постоянных магнитов и систему координат $\alpha-\beta$, которая неподвижна относительно статора, для математического описания асинхронного двигателя. Предложено расположение обмоток в системе координат $d-q$ синхронных двигателей с различными типами возбуждений и разработаны математические

модели этих двигателей. Математическая модель синхронного двигателя с возбуждением от постоянных магнитов учитывает потери мощности в магнитопроводе статора и влияние эффекта насыщения магнитопровода статора. Была разработана математическая модель асинхронного двигателя, которая учитывает потери мощности в магнитопроводе статора, влияние эффекта насыщения магнитопровода статора и эффект вытеснения тока ротора. В данном разделе также представлено влияние температуры на параметры эквивалентных схем замещения как синхронного двигателя с возбуждением от постоянных магнитов, так и асинхронного двигателя.

В третьем разделе были представлены общие положения прямого управления моментом двигателей переменного тока. Описаны особенности реализации системы прямого управления моментом в зависимости от способа коммутации силовых ключей автономного инвертора напряжения. В результате были представлены три системы прямого управления моментом: классическая система управления моментом с таблицей переключений вектора напряжения; система прямого управления моментом с одним контуром регулирования момента с пространственно-векторной модуляцией напряжения обмотки статора; система прямого управления моментом с двумя контурами регулирования потокосцепления статора и момента с пространственно-векторной модуляцией напряжения обмотки статора. Были получены энергетические характеристики электропривода с системой прямого управления моментом синхронного двигателя с возбуждением от постоянных магнитов для различных типов магнитной системы ротора. Данные характеристики, полученные в зоне постоянства момента и в зоне постоянства мощности, подтвердили возможность повышения энергетической эффективности электропривода с синхронными двигателями с возбуждением от постоянных магнитов за счет изменения значения потокосцепления статора в зависимости от текущих частоты вращения и момента сопротивления. В результате в качестве критерия энергетической эффективности был выбран ток обмотки статора.

В данном разделе также был описан лабораторный стенд, разработанный с участием автора диссертации. Лабораторный стенд позволил подтвердить адекватность выбранного подхода при синтезе математических моделей двигателей переменного тока. Результаты, полученные при помощи компьютерного моделирования, и экспериментально полученные значения на

лабораторном стенде для классической системы прямого управления моментом асинхронного двигателя идентичны с небольшой погрешностью.

В четвертом разделе было выполнено формирование задания на потокосцепление статора синхронных двигателей с возбуждением от постоянных магнитов, обеспечивающего минимум тока обмотки статора.

Вначале приведен вывод аналитической зависимости задания на потокосцепление статора от параметров эквивалентной схемы замещения двигателя. Получены две зависимости для двигателей, имеющих два типа конструкции, а, следовательно, и магнитной системы ротора, которые могут быть охарактеризованы как $L_{sd}=L_{sq}$ и $L_{sd}\neq L_{sq}$. На эффективность применения этого способа формирования задания на потокосцепление статора оказывают влияние значения параметров эквивалентной схемы замещения, которые в процессе работы двигателя могут изменяться. Далее автором была предложена система поиска минимума тока обмотки статора, которая лишена недостатков аналитического подхода, и является универсальной для обоих типов магнитной системы ротора.

В разделе представлены результаты моделирования электропривода с синтезированными системами управления, которые подтверждают адекватность всех синтезированных систем управления. Все системы определения рационального значения потокосцепления статора обеспечивают минимум тока обмотки статора для всех типов магнитной системы ротора.

В приложениях приведены патент на полезную модель и акты внедрения результатов диссертации.

Содержание диссертационного исследования соответствует паспорту специальности научных работников 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы (п. 1. Развитие общей теории электротехнических комплексов и систем, анализ системных свойств и связей, физическое, математическое, имитационное и компьютерное моделирование компонентов электротехнических комплексов и систем, включая электромеханические, электромагнитные преобразователи энергии и электрические аппараты, системы электропривода, электроснабжения и электрооборудования промышленного назначения; п. 3. Разработка, структурный и параметрический синтез, оптимизация электротехнических комплексов, систем и их компонентов, разработка алгоритмов эффективного управления) и технической отрасли науки.

Достоинство и недостатки в содержании и оформлении диссертации, влияние отмеченных недостатков на качество исследования

К достоинствам диссертационного исследования можно отнести актуальность темы, научную новизну и практическую значимость. Автором грамотно и последовательно изложен материал диссертации, содержащий новые, научные и обоснованные предложения и решения, направленные на повышение энергетической эффективности тягового электропривода с системой прямого управления моментом синхронного двигателя с возбуждением от постоянных магнитов в различных режимах работы. Оба предлагаемых подхода по минимизации тока обмотки статора (аналитический и поисковый метод) могут быть использованы в различных тяговых электроприводах, в зависимости от возлагаемых на них задач. Также к достоинствам диссертации можно отнести качественный иллюстративный материал.

Наряду с достоинствами диссертационного исследования следует отметить следующие замечания по диссертации:

1. Формула (2.13) диссертации содержит составляющую нагрузки от изменения инерции во времени. Однако, не показано насколько актуальным является учет данной динамической нагрузки в соотношении с остальными составляющими момента.
2. Магнитные потери в шихтованных сердечниках при увеличении их температуры снижаются, так как электропроводность стали при повышении температуры падает. Поэтому формула (2.112) некорректна.
3. Не ясно, из каких предпосылок было взято распределение температур, для которых приведены зависимости на рис. 3.24, 3.27.
4. В работе обойден вниманием режим выбега электродвигателя.
5. Графики на рис. 4.21-4.22, 4.30-4.32 следовало бы дополнить графиком действующего напряжения.
6. Введение дополнительного параметра ξ , обозначающего тип магнитной системы ротора, затрудняет восприятие особенности конструкции. Целесообразно использовать прямое обозначение $L_{sd}=L_{sq}$ и $L_{sd}\neq L_{sq}$.
7. Вывод 1 по разделу 1 сформулирован некорректно. Не ясно как можно усовершенствовать процесс преобразования энергии.
8. Вывод 4 по разделу 4 следовало бы дополнить численными показателями.
9. Первая часть вывода 5 по разделу 3 очевидна.

Отмеченные недостатки не снижают качество исследований и не влияют на основные теоретические и практические результаты диссертационного исследования.

Соответствие автореферата основному содержанию диссертации

Автореферат диссертации полностью отражает ее содержание и включает краткое описание разделов диссертационного исследования, содержащее основные положения и результаты. Графический материал хорошо дополняет текстовую часть и выполнен аккуратно.

Соответствие диссертации и автореферата требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления. М.: Стандартинформ. – 2012.

Структура и оформление диссертации и автореферата соответствуют требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011, имеют регламентированную структуру и правильно оформленный список литературы.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным «Положение о присуждении ученых степеней» по пунктам 10, 11 и 14

Диссертация Чуприны Николая Валентиновича на тему «Система прямого управления моментом тягового синхронного двигателя локомотива с минимизацией тока обмотки статора», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы, соответствует критериям, установленным «Положение о присуждении ученых степеней», в том числе:

- по п. 10 – диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выносимые на публичную защиту, которые свидетельствуют о личном вкладе автора в науку;

- по п. 11 – основные научные результаты отражены в 17 печатных работах, из них 6 статей в изданиях, рекомендуемых ВАК, 2 статьи в изданиях, включенных в международные базы цитирования (Scopus), и 1 патент на полезную модель.

- по п. 14 – в диссертации соискатель надлежащим образом ссылается на источники заимствования материалов и отдельных работ, а также на результаты научных работ, выполненных лично соискателем ученой степени и в соавторстве.

Диссертация Чуприны Николая Валентиновича на соискание ученой степени кандидата технических наук является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения, направленные на увеличение энергетической эффективности тягового электропривода локомотива с системой прямого управления моментом синхронного тягового двигателя путем определения рационального значения потокосцепления статора, имеющие существенное значение для развития страны, что соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы.

Официальный оппонент,

Захаров Алексей Вадимович,

доктор технических наук,

05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты,

технический директор – руководитель направления

расчетов ООО «Инжиниринговый центр «Русэлпром»

 А.В. Захаров

«15» октября 2024 г.

Адрес: 600009, г. Владимир, ул. Электрозаводская, д. 5.

Телефон: +7 (903) 647-54-63.

Электронная почта: zav_vlad_m@mail.ru

Я, Захаров Алексей Вадимович, даю согласие на включение своих персональных данных, содержащихся в настоящем отзыве, в документы, связанные с защитой диссертации Чуприны Николая Валентиновича, и их дальнейшую обработку.

«15» октября 2024 г.

 А.В. Захаров

Подпись Захарова Алексея Вадимовича удостоверяю

Исполнительный директор

ООО «Инжиниринговый центр «Русэлпром»



Бедкер Антон Александрович

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Чуприны Николая Валентиновича

на тему «Система прямого управления моментом тягового синхронного двигателя локомотива с минимизацией тока обмотки статора»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.4.2 Электротехнические комплексы и системы

Актуальность темы диссертации

Повышение энергетической эффективности тяговых электроприводов является важной задачей для разработчиков подвижного состава. Применение в электрической части тяговой передачи новых типов двигателей и систем управления может значительно уменьшить потери энергии. Синхронные двигатели с постоянными магнитами при схожих массогабаритных показателях с асинхронными двигателями обладают более высоким значением КПД. Применение системы прямого управления моментом синхронного двигателя с постоянными магнитами за счет определения оптимального значения потокосцепления статора дает возможность поддерживать минимум тока обмотки статора в различных режимах работы тягового электропривода.

Автор диссертации предлагает вычислять или находить оптимальное значение потокосцепления статора, которое обеспечит минимальное значение тока обмотки статора и, следовательно, минимальное значение потерь мощности синхронного двигателя с постоянными магнитами в системе прямого управления моментом.

В связи с этим тема диссертации Чуприны Николая Валентиновича, направленная на повышение энергетической эффективности тягового электропривода локомотива с синхронным двигателем с постоянными магнитами, является актуальной.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, носят прикладной характер, базируются на фундаментальных положениях в области теории электромеханического преобразования энергии, теоретических основах электротехники, теории автоматического управления. Научные положения, выводы и рекомендации получены с помощью использования методов численного и аналитического решения дифференциальных и алгебраических уравнений и физического эксперимента на лабораторной установке. Приведенные в диссертационном исследовании выводы и рекомендации можно считать достаточно обоснованными.

Достоверность и новизна, полученных результатов

Новизна полученных результатов заключается в следующем:

- синтезирована математическая модель синхронного двигателя с постоянными магнитами во вращающейся синхронно с ротором системе координат, которая позволяет учитывать суммарные потери мощности в магнитопроводе статора и в постоянных магнитах, насыщение магнитопровода статора, влияние температур обмотки и магнитопровода статора и постоянных магнитов;
- показано, что управление значением потокосцепления статора влияет на значение тока обмотки статора синхронных двигателей с постоянными магнитами;
- на основании параметров эквивалентных схем замещения синхронных двигателей с постоянными магнитами с различными типами магнитной системы ротора выведены формулы задания на значение потокосцепления статора, которое обеспечивает минимальную величину тока обмотки статора.
- разработаны структурная схема и математическая модель поиска минимального значения тока обмотки статора в составе систем прямого управления моментом.

Достоверность полученных результатов обеспечивается обоснованностью используемых теоретических зависимостей и принятых допущений, применением известных математических методов; подтверждается качественным и количественным согласованием результатов теоретических исследований с экспериментальными данными.

Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов

- разработана математическая модель двигателя переменного тока в двухфазной системе координат, применение которой позволяет исследовать процессы преобразования энергии в асинхронном двигателе и синхронных двигателях с различными типами возбуждения с учетом потери мощности в магнитопроводе статора и в постоянных магнитах (при наличии), насыщения магнитопровода статора, влияние температур обмотки и магнитопровода статора и постоянных магнитов (при наличии);
- разработаны математические модели системы прямого управления моментом двигателями переменного тока;
- разработана лабораторная установка, которая дает возможность исследовать энергетические показатели и механические характеристики электропривода с классической системой прямого управления моментом асинхронного двигателя;
- выполнены исследования энергетических показателей электроприводов с системой прямого управления моментом синхронных двигателей с постоянными магнитами, которые показали, что изменение

значения потокосцепления статора влияет на величину тока обмотки статора синхронных двигателей с постоянными магнитами;

– предложены аналитический и поисковый методы формирования значения задания на потокосцепления статора, которое обеспечивает минимальную величину тока обмотки статора.

Оценка содержания диссертации, её завершенность

Диссертационная работа структурирована следующим образом: включает введение, четыре основных раздела и заключение. Библиографический список состоит из 143 источников. Текст диссертации представлен на 170 страницах, включает 84 рисунка и 13 таблиц.

Во введении представлено обоснование актуальности темы диссертации, сформулированы цель и задачи работы, её научная новизна, теоретическая и практическая значимость, приведены сведения о структуре диссертации.

В первом разделе представлен обзор основных направлений развития тягового электропривода подвижного состава железных дорог. Выполнен анализ тяговых электроприводов с двигателями переменного тока, применяемых на железнодорожном транспорте. В данном разделе рассмотрен опыт практического использования синхронных двигателей для тяговых электроприводов на транспорте. В первом разделе проанализированы теоретические исследования и практические разработки в области систем управления электроприводов переменного тока.

Во втором разделе представлены общие положения теории преобразования энергии в двигателях переменного тока. Получены уравнения и матричные коэффициенты преобразования, позволяющие переходить от одной системы координат к другой. На основании расположения обмоток разработаны математические модели синхронных двигателей с различными типами возбуждения. Для синхронных двигателей с постоянными магнитами представлены эквивалентная схемы и математическая модель, которая позволяет учесть потери мощности в различных узлах электрической машины (в магнитопроводе статора, в постоянных магнитах и в обмотке статора), получены зависимости индуктивностей обмотки статора по осям d и q от тока обмотки статора для синхронных двигателей с магнитной симметрией и несимметрией. Разработаны эквивалентная схема и математическая модель асинхронного двигателя с короткозамкнутой обмоткой ротора, которая учитывает насыщения главного магнитного пути, эффект вытеснения тока ротора и потери мощности в магнитопроводе статора. Представлены уравнения, позволяющие оценивать влияние температуры на параметры эквивалентных схем замещения двигателей переменного тока.

В третьем разделе были разработаны математические модели систем прямого управления моментом. Были рассмотрены три варианта реализации системы управления: классическая система прямого управления моментом, которая имеет два контура регулирования потокосцепления статора и

момента; система прямого управления моментом с пространственно-векторной модуляцией напряжения обмотки статора, которая имеет один контур регулирования; система прямого управления моментом с пространственно-векторной модуляцией напряжения обмотки статора, которая имеет два контура регулирования потокосцепления статора и момента. Выполнен анализ особенностей данных систем.

Для классической системы прямого управления моментом синхронных двигателей с постоянными магнитами с магнитной симметрией и несимметрией были получены энергетические характеристики при различных режимах работы (при различной нагрузке, частотах вращения и температурах) электропривода в зонах постоянства момента и мощности. Полученные характеристики подтверждают экстремальную зависимость тока обмотки статора от потокосцепления статора.

В данном разделе представлена лабораторная установка, которая позволяет исследовать электромеханические процессы преобразования энергии в электроприводе с классической системой прямого управления моментом асинхронного двигателя. Полученные результаты подтвердили адекватность разработанных математических моделей двигателей переменного тока и системы прямого управления моментом, а также выводов касающихся зависимостей тока обмотки статора и электрических потерь мощности в меди обмотки статора от потокосцепления статора.

В четвертом разделе были выведены аналитические формулы задания на потокосцепление статора, которые зависят от параметров эквивалентной схемы замещения. Недостатком данного подхода является то, что он не учитывает изменение параметров эквивалентной схемы замещения двигателя в процессе его работы. Для синхронного двигателя с постоянными магнитами с магнитной несимметрией вывод формулы достаточно сложен.

Синтезирована система поиска минимума тока обмотки статора, которая лишена данных недостатков. Представлена ее математическая модель, алгоритм работы и структурная схема.

Представлены результаты компьютерного моделирования электропривода с разработанными системами управления. Все системы управления подтвердили свою работоспособность. В системе управления, которая содержит один контур регулирования при аналитическом определении задания возникает ошибка между значением задания на потокосцепление статора и реально действующим значением. Данная ошибка зависит от частоты коммутации силовых ключей, чем она больше, тем ошибка меньше либо же вовсе отсутствует. Система прямого управления моментом компенсирует данную ошибку.

Каждый раздел заканчивается выводами и рекомендациями по использованию полученных результатов.

В приложениях приведена информация о патенте на полезную модель и актах внедрения результатов исследования.

В рамках поставленных и решенных в диссертации задач исследование можно считать завершенным.

Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации, влияние отмеченных недостатков на качество исследования

К достоинствам диссертации можно отнести научную и практическую значимость проведенного исследования, высокое качество текста и графического материала. Чуприна Николай Валентинович в диссертации аккуратно и последовательно изложил материал и обосновал свои решения.

Замечания по диссертационной работе:

1. В диссертационной работе недостаточно аргументировано применение системы прямого управления моментом для синхронного двигателя с постоянными магнитами. Непонятно, почему автор применяет именно эту систему управления для тягового привода.

2. Автором не указывается, в каком программном обеспечении разрабатывались математические модели, не указывается какие ограничения накладывались на модели.

3. В названии диссертации сделан акцент на синхронный электропривод, однако значительная часть диссертации посвящена так же и асинхронному двигателю.

4. В разделе 2 приведены аналитические выражения для расчета потерь в синхронном и асинхронном двигателе. Учитывают ли приведенные выражения высокочастотные гармоники в токе от работы инвертора? Как влияет не синусоидальность тока на нагрев двигателя?

5. Насколько универсальны приведенные в разделе 2 эмпирические зависимости индуктивностей L_{sd} и L_{sq} от тока, если, к примеру, нужно применять двигатель в два раза большей мощности?

6. В транспорте, диапазон рабочей температуры при эксплуатации может превышать 100 °С, насколько точность поддержания момента и потокосцепления будет сохраняться на всем диапазоне?

7. Как на работу разработанной системы управления будет влиять задержки и ошибки в измерениях токов фаз на реальном объекте?

8. Автором дается детальное текстовое описание разработанного лабораторного стенда, однако нет его фотографий, осциллограмм с приборов.

9. В разработанном стенде применяется асинхронный электродвигатель, что не дает возможности верифицировать предложенные алгоритмы для управления синхронным двигателем. Применение общепромышленного преобразователя частоты так же ограничивает исследования – нельзя изменить/модифицировать встроенную в преобразователь систему управления.

Отмеченные недостатки не снижают качество исследований и не влияют на главные теоретические и практические результаты диссертации.

Соответствие автореферата основному содержанию диссертации

Автореферат диссертации полностью отражает ее содержание и содержит краткое описание разделов диссертационной работы, содержащее основные положения и результаты диссертационного исследования.

Соответствие содержания диссертации заявленной специальности

Содержание диссертации соответствует паспорту специальности научных работников 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы (п.1. Развитие общей теории электротехнических комплексов и систем, анализ системных свойств и связей, физическое, математическое, имитационное и компьютерное моделирование компонентов электротехнических комплексов и систем, включая электромеханические, электромагнитные преобразователи энергии и электрические аппараты, системы электропривода, электроснабжения и электрооборудования промышленного назначения; п.3. Разработка, структурный и параметрический синтез, оптимизация электротехнических комплексов, систем и их компонентов, разработка алгоритмов эффективного управления; п.4. Исследование работоспособности и качества функционирования электротехнических комплексов, систем и их компонентов в различных режимах, при разнообразных внешних воздействиях, диагностика электротехнических комплексов.).

Соответствие диссертации и автореферата требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011.

Диссертация и автореферат соответствуют требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011., имеют регламентированную структуру и правильно оформленный список литературы.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным «Положение о присуждении ученых степеней» по пунктам 10, 11 и 14

В соответствии с п. 10 «Положение о присуждении научных степеней» диссертация автором написана самостоятельно, содержит новые научные результаты и положения, обладает внутренней целостностью, что свидетельствует о личном вкладе автора в науку.

Согласно п. 11 «Положение о присуждении научных степеней» научные результаты опубликованы в 17 научных работах, в том числе 6 статей опубликованы в журналах, входящих в перечень ВАК и 2 статьи опубликованных в «Scopus». Зарегистрирован 1 патент на полезную модель.

В соответствии с п. 14 «Положение о присуждении научных степеней» в диссертации автором приведены ссылки на источники заимствования материалов и отдельных работ, а также на результаты научных работ, выполненных лично соискателем ученой степени и в соавторстве, что соответствует требованиям п. 14.

Диссертация Чуприны Николая Валентиновича на соискание ученой степени кандидата технических наук является научно-квалификационной работой, в которой изложено новое научно обоснованное техническое решение задачи по уменьшению потерь в тяговом электродвигателе локомотива путем минимизации тока статора при сохранении требуемых выходных характеристик, имеющее существенное значение для развития страны, что соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы.

Официальный оппонент,
Кулик Егор Сергеевич,
кандидат технических наук
(2.4.2 - Электротехнические
комплексы и системы),
ассистент кафедры
«Автоматизированного
электропривода» федерального
государственного бюджетного
образовательного учреждения
высшего образования «Национальный
исследовательский университет
«МЭИ».

 Кулик Е. С.
«02» ноября 2024г.

Адрес: 111250, г. Москва, вн. тер. г. муниципальный округ Лефортово, ул. Красноказарменная, д. 14, стр. 1.
Телефон: +7(495)362-74-25
Электронная почта: universe@mpei.ac.ru

Я Кулик Егор Сергеевич, даю согласие на включение своих персональных данных, содержащихся в настоящем отзыве, в документы, связанные с защитой диссертации Чуприны Николая Валентиновича, и их дальнейшую обработку.

Подписи Кулика Е. С. удостоверяю



 Кулик Е. С.
«02» ноября 2024г.

ИЗДАТЬ С УДОСТОВЕРЯЮ
УПРАВЛЕНИЕ РАБОТЫ С ПЕРСОНАЛОМ

Г. А. ЯРЕМЕНКО