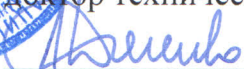


Ministry of Education and Science of the Russian Federation
Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education
"National Research Tomsk Polytechnic University" (TPU)
30, Lenin ave., Tomsk, 634050, Russia
Tel. +7-3822-606333, +7-3822-701779,
Fax +7-3822-563865, e-mail: tpu@tpu.ru, tpu.ru
OKPO (National Classification of Enterprises and Organizations):
02069303,
Company Number: 1027000890168,
VAT / KPP (Code of Reason for Registration)
7018007264/701701001, BIC 046902001

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский
Томский политехнический университет» (ТПУ)
Ленина, пр., д. 30, г. Томск, 634050, Россия
тел.: +7-3822-606333, +7-3822-701779,
факс +7-3822-563865, e-mail: tpu@tpu.ru, tpu.ru
ОКПО 02069303, ОГРН 1027000890168,
ИНН/КПП 7018007264/701701001, БИК 046902001

№ _____
на № _____ от _____

Проректор по научной работе и
инновациям
Федерального
государственного автономного
образовательного учреждения высшего
образования
«Национальный
исследовательский
Томский
политехнический университет»
доктор технических наук, профессор
 Дьяченко А.Н.
2017 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации – Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» на диссертационную работу **Хафизова Глеба Тагировича** «Векторное управление вентильным электроприводом с регулированием угла коммутации», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы»

Актуальность избранной темы

Вопросы снижения стоимости, повышения качества управления, повышения энергетической экономичности, надежности вентильных

электроприводов (ВЭП) в настоящее время весьма актуальны. Вентильные приводы находят все большее применение в строительстве, в промышленных производствах, в медицине, бытовой и оборонной технике. Это объясняется такими свойствами вентильных электроприводов как достаточно высокий КПД, широкий диапазон регулирования частоты вращения, хорошую управляемость, низкие массогабаритные показатели.

Диссертационная работа Хафизова Глеба Тагировича посвящена развитию теории вентильного электропривода в части: анализа электромагнитных процессов в динамических режимах; расширения диапазона регулирования выходных координат; повышения энергетических показателей; создания алгоритмов вычисления положения ротора по косвенным данным; методики проектирования электропривода с программным датчиком положения ротора; поиска путей обеспечения заданных показателей качества надежности электропривода.

Таким образом, на основании приведенных аргументов можно сделать вывод о том, что выбранная тема диссертационного исследования актуальна, в её рамках существует проблемное поле, разработка которого может дать новые научные результаты, важные как для российских, так и для зарубежных разработчиков и производителей систем вентильного электропривода.

Структура и содержание работы

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, библиографического списка (212 наименований). Общий объём диссертации составляет 238 страниц машинописного текста, в том числе 58 рисунков и 10 таблиц.

Во введении приведена краткая характеристика работы, показаны актуальность и степень разработанности темы исследования. Обозначены объект и предмет исследования, цель диссертационной работы и задачи исследования. Представлены основные положения, выносимые на защиту,

научная новизна и практическая значимость диссертационной работы, представлены сведения о реализации и внедрения результатов работы.

В первой главе исследованы и проанализированы вопросы управления вентильным приводом, его проектирования, и надежности. Предложена функциональная схема бездатчикового ВЭП. В выводах к первой главе сформулированы задачи диссертационной работы.

Вторая глава посвящена исследованию методик расчета электромагнитных полей электромеханического преобразователя вентильного двигателя в динамических режимах. На основании анализа результатов исследований, была получена уточненная методика расчета картины электромагнитного поля вентильного двигателя в динамике, позволяющая учитывать произвольное движение его составных частей. На основе методики было выведено семейство инженерных моделей вентильного электропривода, учитывающих полевые эффекты.

В третьей главе проведено исследование оценивающих фильтров, применяемых для построения бездатчиковых вентильных электроприводов, также получены и уточнены выражения для оптимальных углов коммутации.

В четвёртой главе в дополнение к теории надежности ВЭП, предложен алгоритм, позволяющий производить расчет изменения надежности многоэлементной системы при разнотипных импульсных воздействиях. Это позволяет на этапе проектирования выявлять «слабые» места системы и производить их дублирование для повышения надежности.

Пятая глава посвящена практической реализации и экспериментальным исследованиям разработанных систем управления и алгоритмов.

В заключении диссертации представлены полученные результаты и основные выводы по работе.

В приложении приведены два акта о внедрении результатов диссертационного исследования, а также свидетельство о регистрации

программ для ЭВМ в Федеральной службе по охране интеллектуальной собственности.

Соответствие содержания диссертации заявленной специальности

Диссертация соответствует пункту 3 «Разработка, структурный и параметрический синтез электротехнических комплексов и систем, их оптимизация, а также разработка алгоритмов эффективного управления», пункту 4 «Исследование работоспособности и качества функционирования электротехнических комплексов и систем в различных режимах, при разнообразных внешних воздействиях» паспорта специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Соответствие автореферата диссертации её содержанию

Автореферат соответствует содержанию диссертации и отражает основные результаты, полученные в результате её выполнения.

Достоверность и научная новизна полученных результатов

Полученные в диссертационной работе выводы и результаты являются новыми и могут быть классифицированы как изложение научно обоснованных технических решений.

Научная новизна диссертации: впервые предложен метод, позволяющий получать соотношения между электродинамическими величинами и параметрами в произвольно движущихся системах отсчета; методика выбора фильтра оценивания для построения бездатчикового вентильного электропривода; впервые получен фильтр инвариантного погружения пониженного порядка, который позволяет получать оцениваемые значения ненаблюдаемых механических величин, таких как скорость, момент, угол поворота ротора вентильного двигателя путем получения их из фазных токов; предложены уточненные выражения для вычисления значений угла коммутации, оптимальных по различным критериям, например, максимума вращающего момента, минимума потерь и т.п.; синтезирована модель

надежности ВД распространения по системе разнотипных импульсных воздействий, позволяющая учитывать ситуации, когда на испытываемую систему приходят разрушительные воздействия разной природы.

Практическая ценность

Цель и поставленные задачи изложены корректно и являются практически значимыми и реализуемыми, доведены до практической реализации. Выведенные связи между электродинамическими величинами и параметрами в разных системах отсчета ВД позволят выйти на новый уровень точности при численных расчетах поля и анализе вентильных двигателей; даны практические рекомендации использования и применения выведенных соотношений; использование предложенных оценивающих фильтров позволяет строить системы программных ДПР, отличающиеся пониженной стоимостью при повышенной точности и надежности; синтезированные выражения для оптимальных углов коммутации ВД, которые позволяют реализовать следующие режимы работы ВЭП: максимальной скорости, максимальной скорости холостого хода, максимального электромагнитного момента, минимума активных потерь, минимума реактивных потерь, минимума полных потерь и т.д.; разработанная модель распространения по системе ВЭП разнотипных импульсных воздействий, позволяет структурировать импульсные воздействия и рассматривать распространение воздействия в своей природе, но и устанавливать корреляционные связи между орграфами одной системы но разной природы.

Работа выполнялась при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках соглашения о предоставлении субсидии № 4.577.21.0154 от 28 ноября 2014 года.

Рекомендации по использованию результатов и выводов

Результаты диссертационной работы, а именно, предложенная оптимизационная методика и соответствующие ей программные

продукты могут быть использованы при проектировании структур векторного управления вентильным электроприводом.

Отдельные элементы диссертации, после соответствующей методической проработки, рекомендуется использовать в образовательных учреждениях высшего образования, ведущих подготовку бакалавров по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» и магистров по направлению 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Замечания по работе

В целом, диссертация заслуживает положительной оценки. Вместе с тем, отмечая актуальность диссертационного исследования, его новизну и значимость для науки и практики, следует высказать следующие замечания.

1. В 2.1 и далее (стр. 44...76) подробно рассматривается теория электродинамики в ее обобщенном смысле, которую можно прочесть в учебниках по теоретической физике, формулы слишком общие, нет рассмотрения конкретики.

2. Одной из целей работы является анализ электромагнитных процессов в динамических режимах на основе новых математических подходов и констатируется факт разработки методов и алгоритмов расчёта электромагнитных полей, которые позволяют выйти на уровень достижения точности расчетов в сравнении с известными решениями. Вместе с тем, в работе не представлены конкретные данные по точности указанных расчетов, на чем основано указанное выше утверждение, не представлены расчетные и экспериментальные картины распределения поля в статических и динамических режимах работы ВД, нет предметного сравнения по точности с существующими методиками расчета.

3. Зачем в работе представлены метрические тензоры для обобщенного случая Евклидова пространства, хотя в частном случае они выглядят очень просто? Почему рассматривается теория относительности не относящаяся к

делу? В работе рассматриваются 4-х мерные (пространство и время) векторы, хотя скорости нерелятивистские?

4. С какой целью рассматриваются анизотропные среды порождающие тензоры, которые никак и нигде далее не используются, ведь, в конце концов, используется очень простая модель «Инженерная модель вентильного двигателя»?

5. В работе большое внимание уделяется оптимизации угла коммутации при работе ВД, и приводятся экспериментальные данные о преимуществах коррекции данного угла. Данное положение общеизвестно и регулирование угла коммутации активно используется в известных системах управления. Хотелось бы увидеть преимущества предложенной методики оптимизации в сравнении с известными алгоритмами, например с системой *iMotion*.

6. В разделе «3.1.3.2 Нелинейный фильтр пониженного порядка в применении к системе уравнений синхронного двигателя с постоянными магнитами» (стр. 111) зачем-то производится подробный переход к уравнению Бернулли, хотя с точки зрения уравнения состояний решение получается очевидным?

7. В разделе 1. «Состояние вопроса», в котором приведено преобразования Лоренца (стр. 23...24) кажется лишним. Разделы по замечаниям 6 и 7 можно опустить без ущерба для диссертации.

8. В работе, к сожалению, не представлена информация о работоспособности предложенной модели надежности. Разработана ли автором методика экспериментальной оценки адекватности данной модели надежности, позволяет ли предложенная модель надежности выработать рекомендации по повышению данного эксплуатационного показателя?

9. Является спорным утверждение автора о доказанности повышения скорости холостого хода и электромагнитного момента при оптимизации угла коммутации применительно к испытываемому синхронному двигателю ДБ-72. Превышения скорости холостого хода на 0,04% и электромагнитного момента

на 1% над базовым вариантом вполне могут быть обусловлены неидентичностью условий проведения эксперимента.

10. Ряд заявленных технических преимуществ лишь продекларирован, например не доказана возможность увеличения диапазона регулирования координат, повышение энергетических показателей электропривода.

Приведённые замечания не снижают общей положительной оценки научных результатов, полученных автором.

Форма изложения материала, публикации

Представленная диссертация полностью соответствует требованиям ВАК Российской Федерации. Стил ь изложения соответствует требованиям, предъявляемым к научным работам. Диссертация написана четким и ясным языком с большим количеством графического материала, иллюстрирующего соответствующие результаты научных положений и технических решений. Ссылки на библиографические источники, включая собственные публикации автора, оформлены в соответствии со стандартами, а список использованных источников характеризует глубину изучения автором обозначенного научного направления.

В диссертации было использовано 7 работ автора, из них 3 статьи – в журналах ВАК РФ, 1 свидетельство о регистрации программ для ЭВМ, а также 3 доклада на международных и Всероссийских конференциях. Имеются самостоятельные публикации, что позволяет оценить личный вклад автора в проведенные исследования. По представленному перечню публикаций автора можно сделать заключение о том, что основные положения диссертации достаточно полно изложены в печати и апробированы на конференциях.

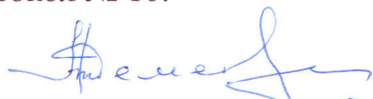
Заключение

Диссертация **Хафизова Глеба Тагировича** является законченной научно-квалификационной работой, выполненной автором единолично.

В диссертационной работе представлено решение актуальной задачи анализа электромагнитных процессов в динамических режимах; создания алгоритмов вычисления положения ротора по косвенным данным; методики проектирования привода с программным датчиком положения ротора; поиска путей обеспечения заданных показателей надежности привода. Диссертация по объёму представленных результатов, научной новизне и практической ценности удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям и соответствует всем требованиям п.п. 9, 10, 11, 13, 14 «Положения о порядке присуждения учёных степеней» постановления Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор **Хафизов Глеб Тагирович** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Отзыв составлен по результатам обсуждения на расширенном заседании кафедры электропривода и электрооборудования Энергетического института ФГАОУ ВО НИ ТПУ от «02» июня 2017 года, протокол № 10.

Дементьев Юрий Николаевич
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30,
ФГАОУ ВО «НИ ТПУ», тел. 89138550804
E-mail: dementev@tpu.ru,
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский
Томский политехнический университет»,
доктор Ph.D, кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой электропривода
и электрооборудования



02.06.2017 г.

Кладиев Сергей Николаевич
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30,
ФГАОУ ВО «НИ ТПУ», тел. 89138128813
E-mail: kladiev@tpu.ru
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский
Томский политехнический университет»,
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Электропривод и электрооборудование»



02.06.2017 г.

Адрес организации: Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 30