ОТЗЫВ

на автореферат Хафизова Глеба Тагировича
«Векторное управление вентильным электроприводом с регулированием угла коммутации», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

Вентильные двигатели и электропривод на их основе являются одним из основных элементов комплексов и систем различного назначения. Эффективность и параметры вентильного двигателя во многом определяют функциональные возможности и массогабаритные показатели объектов в которых они применяются. Поэтому развитие теории вентильных двигателей является важной и актуально задачей.

Хафизовым Глебом Тагировичем проведены исследования нестационарных электромагнитных процессов в вентильных двигателях и выявлены оптимальные значения угла коммутации для различных режимов работы вентильного двигателя. Разработана динамическая модель, на основе которой создана цифровая система определения углового положения ротора вентильного двигателя. Теоретические положения, разработанные автором, верифицированы экспериментально. Особенную ценность имеют предложенные автором математические модели и алгоритм оценки надежности вентильного двигателя при условиях комбинации различных внешних воздействий.

К автореферату имеется ряд замечаний:

1. На стр. 14 автореферата описан алгоритм оценки надежности вентильного двигателя при условиях комбинации различных внешних воздействий, при этом автор не оценивает точность разработанного алгоритма, что затрудняет практическое использование данного результата.

2. Автор анализирует электромагнитные процессы в вентильном двигателе с использованием системы уравнений Максвелла. При этом допущения и граничные условия для решения этих уравнений автором не представлены, что возможно обусловлено ограниченностью объема автореферата.

3. На стр. 13 автор приводит математические выражения для различных значений угла коммутации при условиях минимума активных потерь, реактивных и полных. При этом оценки потерь в вентильном электродвигателе при различных оптимальных углах коммутации не представлено, что не позволяет сравнить получаемый эффект от выбранного угла коммутации.

4. Автореферат содержит множество сокращений, рисунок 2–7 плохо читаемы. Все это затрудняет восприятие автореферата.

Данные замечания не снижают положительной оценки работы.

Диссертация Хафизова Г. Т. является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему. Диссертация соответствует отрасли «Технические науки» и паспорту специальности 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы». Диссертация отвечает п. 9 Положения о присуждении научных степеней, а ее автор Хафизова Г. Т. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы».

Заведующий кафедрой
электромеханики ФГБОУ ВО
«Уфимский государственный
авиационный технический
университет»,
доктор технических наук, профессор

Исмагилов Флюр Рашитович

Докторская диссертация защищена по
специальности 05.13.05 – Элементы и
устройства вычислительной техники и
систем управления

450008, Российская Федерация,
Приволжский федеральный округ,
Республика Башкортостан, г. Уфа,
ул. К. Маркса, д. 12
+7 (347) 273 79 27
E-mail: office@ugatu.su

Подпись Исмагилова Ф. Р.
Удостоверяю «06» 06 2017
Начальник отдела документационного обеспечения
и архива Гильманова Л. Н.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Хафизова Глеба Тагировича

«ВЕКТОРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВЕНТИЛЬНЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ С РЕГУЛИРОВАНИЕМ УГЛА КОММУТАЦИИ»,

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

Диссертационная работа Хафизова Г.Т. содержит решение актуальной задачи разработки, моделирования и исследования векторного управления вентильным электроприводом (ВЭП) с регулированием угла коммутации. ВЭП находит широкое применение в промышленных приводах достаточной мощности. При анализе процессов используемые в настоящее время динамические математические модели ВЭП дают ощутимую погрешность в определении численных показателей при работе на высоких и существенно малых частотах вращения вентильного электродвигателя (ВД). Для описания процессов в динамических режимах ВЭП необходим обобщенный подход и корректное моделирование электромагнитных процессов. Требует более тщательной проработки режим векторного управления ВЭП с регулированием угла коммутации. Слабо изучен вопрос оценки надежности работы ВЭП в условиях негативных импульсных воздействий. Поэтому тема диссертации, связанная с разработкой динамических моделей и уточнением алгоритмов расчета электромагнитных процессов в динамических режимах ВЭП, поиском и анализом оптимальных режимов управления ВЭП, позволяющих улучшить динамические показатели, расширить диапазон регулирования частоты вращения и вращающего момента, повысить КПД и энергетическую эффективность, определением путей снижения стоимости и повышения надежности ВЭП в условиях комплексного воздействия внешних факторов является ***актуальной***.

Для достижения поставленной цели и решения сформулированных задач исследования Хафизовым Г.Т. использовалась теория электротехники и электродинамики, механики. Использованы методы статистики и теории надежности, методы математического моделирования с применением вычислительных пакетов.

Диссертантом получены значимые новые научные результаты в виде:

- предложенного метода формирования соотношений между электродинамическими величинами и параметрами ВД в разных системах отсчета;
- разработанной методики выбора фильтра для бездатчикового ВЭП;
- разработанного фильтра пониженного порядка для оценивания из фазных токов ненаблюдаемых механических величин: скорости, момента, угла поворота ротора ВД;
- предложенных уточненных выражений для вычисления углов коммутации, оптимальных по критериям максимума вращающего момента, минимума потерь, или других;
- синтезированной модели надежности ВД при разнотипных импульсных воздействиях разной физической природы.

Несомненна практическая значимость работы в виде:

- метода формирования соотношений между электродинамическими величинами и параметрами ВД в разных системах отсчета, что позволяет повысить точность анализа;

- выражений для определения оптимальных углов коммутации ВД, что позволяет реализовать режимы работы ВЭП с максимальной скоростью, максимальным электромагнитным моментом, минимумом потерь;

- модели надежности ВД при разнотипных импульсных воздействиях разной физической природы, что позволяет прогнозировать надежность ВЭП.

Результаты работы реализованы для ряда ВЭП на промышленных предприятиях.

Результаты диссертации в достаточной мере отражены в опубликованных работах, прошли апробацию на конференциях.

По автореферату можно сделать следующие замечания:

1. Достоверность представленной аналитическая методики расчета электромагнитных полей в ВД не подтверждена результатами расчетов в распространенных системах численного моделирования, например, ELCUT, MAXWELL или других, корректно учитывающих распределенность магнитных потоков и намагниченности постоянных магнитов в ВД, зубчатость сердечников, нелинейность кривых намагничивания и насыщение, потоки рассеяния и др.

2. Не представлены возможные варианты разнотипных импульсных воздействиях разной физической природы при расчете надежности ВЭП, не приведен анализ их влияния на надежность ВЭП с синхронным двигателем.

В целом диссертационная работа Хафизова Г.Т. выполнена в виде законченного научного исследования, содержит результаты решения актуальной научной проблемы, удовлетворяет квалификационным требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней и присвоения ученых званий» ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор – Хафизов Г.Т., заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальностям 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Заведующий кафедрой электромеханики федерального Государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Ивановский государственный энергетический
университет имени В.И. Ленина» (ИГЭУ)
(153003, г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34.
Тел. 84932269706. E-mail: elmash@em.ispu.ru)
д.т.н., профессор Казаков Юрий Борисович

Подпись д.т.н., профессора Казакова Ю.Б. заверяю:

Ученый секретарь ученого Совета ИГЭУ Ширяева Ольга Алексеевна

« 8 » июня 2017 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

ФГБОУ ВО «Вятский

государственный университет»

Проректор по науке и инновациям

_____С.Г. Литвинец

09.06.17

Отзыв

на диссертационную работу

Хафизова Глеба Тагировича на тему: «Векторное управление вентильным электроприводом с регулированием угла коммутации», прдставленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

Диссертационная работа Хафизова Г.Т. посвящена крайне актуальному вопросу управления вентильным электроприводом с регулированием угла коммутации.

В работе исследован ряд вопросов связанных с поиском и анализом оптимальных режимов управления вентильным электроприводом, позволяющих улучшить динамические показатели, расширить диапазон регулирования частоты вращения и вращающего момента, повысить КПД и энергетическую эффективность; вопросов создания алгоритмов работы программного датчика положения ротора; вопросов связанных с поиском путей снижения стоимости и повышения надежности вентильных электроприводов; вопросов, связанных с развитием методов оценки надежности в условиях комплексного воздействия внешних факторов различной физической природы. Не вызывает сомнений научная составляющая этих вопросов, но также решение данных вопросов имеет важное значение для практики.

Важнейшим результатом работы для промышленности является практическая реализация результатов работы и ее внедрение в реальные изделия, в том числе в привод турбогенератора и силовой привод бетононасоса.

По автореферату имеются вопросы:

1. Из автореферата не ясно проводилось ли сравнение динамики электропривода построенного по принципу, предложенному в данной работе с аналогичными электроприводами, построенными на

базе датчиков положения ротора на элементах Холла или датчиков положения ротора на базе вращающегося трансформатора.

2. Из автореферата не ясно, как повлияет введение наблюдателя и оценивающего фильтра, на динамические показатели вентильного электропривода, а именно на фазочастотные характеристики. При этом каждая итерация расчёта наблюдателя и оценивающего фильтра на микроконтроллерной системе управления вносит дополнительную "постоянную времени" в систему электропривода.
3. Из автореферата не ясно, зачем выводить семейство инженерных моделей ВД, учитывающих полевые эффекты, в то время когда полевые эффекты учитываются в моделях ВД рассчитанных методом конечных элементов (например, в ANSYS).

Указанные замечания не снижают научной и практической ценности диссертационной работы Г.Т. Хафизова.

Считаем, что рассматриваемая работа Г.Т. Хафизова. соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям Положением о присуждении ученых степеней, а ее автор достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Заведующий кафедрой «Электрические машины и аппараты» ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»,
кандидат технических наук, доцент,
заслуженный работник Высшей школы

Изотов Анатолий Иванович

izotov@vyatsu.ru, (8332)74-27-35
610033, г.Киров, Студенческий проезд, 11, ауд. 8-302

Доцент кафедры «Электрические машины и аппараты» ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»,
кандидат технических наук
Руководитель проекта АО «ЛЕПСЕ»

08.06.17

Ишутинов Вячеслав Владимирович

v2i87@inbox.ru, +7(909)142-23-25
610033, г. Киров, Студенческий проезд, 11, ауд. 8-302

Собственноручную подпись Изотова, Ишутинова заверяю
Ведущий спец-т по кадрам
О.В. Сосновских

Инженер-электроник АО «ЛЕПСЕ»

Савин Андрей
Александрович

okb_01_lepse@mail.ru, +7(912)360-99-59
610000, г. Киров, Октябрьский проспект, 24,

Адрес организации: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вятский государственный университет», 610000, г. Киров, Московская, 36, Тел.: (8332) 64-65-71, факс (8332)64-79-13, info@vyatsu.ru, www.vyatsu.ru.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Озерский технологический институт-филиал НИЯУ МИФИ
Проспект Победы, д.48, г. Озерск,
Челябинская область, 456783
Тел. (35130) 4-46-46, факс (35130) 7-01-44

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации 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».

Вентильные приводы находят все большее применение в строительстве, в промышленных производствах, в медицине. Это объясняется такими свойствами вентильных приводов как высокий КПД, широкий диапазон регулирования скорости вращения, малый отвод тепла в окружающую среду, низкие массогабаритные показатели. Дальнейшее повышение эффективности вентильных приводов остается весьма актуальной задачей.

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 привода с программным датчиком положения ротора; поиска путей обеспечения заданных показателей надежности привода, что является важными задачами как для российских, так и для зарубежных разработчиков и производителей приводных систем.

К наиболее значимым научным результатам диссертационной работы соискателя можно отнести:

– предложенные метод и алгоритм расчета картины электромагнитных полей электромеханического преобразователя вентильного двигателя при произвольном движении ротора;

– полную и упрощенную математические модели оценивающего

фильтра для программного датчика положения ротора, использующие метод инвариантного погружения;

– аналитические выражения для вычисления значений угла коммутации, оптимальных по различным критериям оптимизации;

–модель надежности вентильного электропривода при распространении разнотипных импульсных воздействий и её практическую реализацию.

Разработанное методическое и программное обеспечение используется в приводах турбогенератора предприятия СКБ Турбина и приводах бетононасосов предприятия ООО Зеленая энергия. Результаты внедрения подтверждены соответствующими актами.

Выведенные связи между электродинамическими величинами и параметрами в разных системах отсчета позволят выйти на новый уровень точности при численных расчетах поля и анализе вентильных двигателей.

Использование предложенных оценивающих фильтров позволяет строить системы программных датчиков положения ротора, отличающиеся пониженной стоимостью при повышенной надежности.

Выражения для оптимальных углов коммутации вентильного двигателя, позволяют реализовать следующие режимы работы вентильного электропривода: максимальной скорости, максимальной скорости холостого хода, максимального электромагнитного момента, минимума активных потерь, минимума реактивных потерь, минимума полных потерь.

Разработанная модель распространения по системе вентильного электропривода 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.

Основное содержание работы отражено автором как в печатных работах, так и в материалах многочисленных конференций, общероссийских и международных. Текст автореферата изложен грамотно, а стиль не вызывает критики.

В качестве пожелания, которое нисколько не снижает ни научной ценности, ни практической значимости диссертации, предлагаю дополнить приведенный в автореферате перечень открывающихся новых возможностей в связи с научными результатами диссертации, конкретными примерами из практики разработки и применения вентильных электроприводов.

В заключение полагаю, что диссертационная работа Хафизова Глеба Тагировича «Векторное управление вентильным электроприводом с регулированием угла коммутации» по объему исследований, их глубине, научной и практической значимости соответствует установленным

требованиям, предъявляемым к научно-квалификационным работам на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Отзыв составил: Профессор кафедры «Электроника и Автоматика» Озерского технологического института - филиала федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», доктор технических наук А.Н. Кононов.

Директор И.А. Иванов

УТВЕРЖДАЮ
ЗАМЕСТИТЕЛЬ НАЧАЛЬНИКА
ВОЕННОГО ИНСТИТУТА
(ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО)
ПО УЧЕБНОЙ И НАУЧНОЙ РАБОТЕ

полковник Р. Булат

"07" июня 2017 г.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Хафизова Глеба Тагировича, выполненной на тему «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 работы определяется тем, что к вентильным двигателям постоянно возрастают требования, а существующая теоретическая база охватывает не все области. Как показала настоящая работа вентильные двигатели могут работать экономичнее, иметь больше диапазон регулирования, обладать более высоким максимальным моментом и т. д.

Обоснованность и достоверность подтверждается адекватностью математических моделей, физическими экспериментами.

Научная новизна заключается в том, что впервые получены методы, методики, выражения, модели, которые можно считать развитием теории вентильных электроприводов.

Апробации и публикации автора достаточно отражают глубину проработки рассматриваемых вопросов.

Результаты внедрены в опытных и серийно выпускаемых образцах, выпускаемых несколькими организациями.

К недостаткам представленной работы можно отнести:

- в автореферате ряд рисунков с графиками и осциллограммами нечитаемые, возможно, этот недостаток характерен только для автореферата.

- отсутствие патентов на изобретение, что является не обязательным, но желательным для подтверждения научной новизны.

Выводы.

1.Диссертация Хафизова Глеба Тагировича представляет собой завершенную научно – исследовательскую работу, выполненную на актуальную тему, в которой на основании выполненных автором исследований изложены научно обоснованные технические, технологические или иные решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны.

2. Диссертация отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по пп. 9, 10, 11 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а её автор Хафизов Глеб Тагирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности по специальности 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы»

Профессор кафедры № 4
Лауреат премии Совета Министров СССР
доктор технических наук профессор Фоминич Э. Н.

Профессор кафедры № 4
доктор технических наук профессор Гуков Д. В.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Хафизова Глеба Тагировича
«Векторное управление вентильным электроприводом с регулированием угла коммутации»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Вентильный электропривод, благодаря известным достоинствам, получает все большее применение в различных отраслях промышленности, в бытовой технике, медицине и др. Сдерживающим фактором его совершенствования является недостаточная изученность статических и динамических процессов в синхронном двигателе с постоянными магнитами и сложности, связанные с получением информации об угловом положении ротора двигателя. В связи с изложенным тема диссертации Г.Т. Хафизова представляется актуальной.

В работе достаточно много внимания уделено рассмотрению особенностей управления вентильным электроприводом с синхронным двигателем, разработке рациональных алгоритмов управления, построению оценивающих устройств для выявления механических переменных двигателя.

В качестве научной новизны работы следует выделить следующие положения:

- разработана методика выбора фильтра оценивания, позволяющая получить информацию о регулируемых переменных бездатчикового вентильного электропривода;
- получены уточненные соотношения для оптимальных по частным критериям значений угла коммутации.

Важным положительным аспектом работы является использование ее результатов на практике.

Замечание по автореферату:

1) Электроприводы большинства механизмов работают в переменном режиме, содержащем интервалы разгона, торможения, реверса, стабилизации частоты вращения и т.д. Не ясно, как в этом случае

могут быть использованы результаты оптимизации угла коммутации по частным критериям.

2) Следовало провести сравнение полученных в работе результатов по улучшению статических и динамических характеристик разработанного электропривода с данными других авторов.

На основе рассмотрения автореферата, можно заключить, что диссертационная работа представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение актуальной научной проблемы. Работа удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Хафизов Глеб Тагирович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Абакумов Александр Михайлович
д.т.н. профессор,
профессор кафедры «Электромеханика и автомобильное электрооборудование» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет».
Почтовый адрес: 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244.
Электронная почта: rector@samgtu.ru

Подпись Абакумова А.М. заверяю
Учёный секретарь федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет»
Ю.А. Малиновская

О Т З Ы В

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

Хафизова Глеба Тагировича

Диссертационная работа Хафизова Г.Т. на тему «Векторное управление вентильным электроприводом с регулированием угла коммутации» направлена на решение важной научно-технической задачи совершенствования высокоэффективных вентильных электроприводов различных производственных механизмов и машин, имеющих высокую надёжность и улучшенные энергетические показатели, что позволяет успешно решать вопросы энергосбережения в электротехнических установках, системах и комплексах.

Поставленные в диссертационной работе задачи решаются путём комплексного подхода к построению и исследованию систем векторного управления частотно-регулируемых электроприводов с вентильными синхронными двигателями с постоянными магнитами, работающими в тяжёлых динамических режимах при изменении нагрузки.

Теоретическое значение диссертационной работы заключается в разработке рациональных систем и законов управления вентильными электродвигателями с программным оцениванием углового положения ротора, обеспечивающим требуемые характеристики функционирования. Представляют интерес полученные соискателем аналитические выражения для определения текущих значений угла коммутации при реализации различных критериев оптимизации.

Практическая ценность работы заключается в обосновании целесообразности применения предлагаемых наблюдателей управляемых координат электропривода, что позволит уменьшить их стоимость и повысить надёжность работы. Повышение показателей качества управления электромагнитным моментом электродвигателя позволит улучшить эксплуатационную надёжность рабочих машин с современными вентильными приводами.

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

Основные положения диссертационной работы, результаты теоретических и экспериментальных исследований прошли апробацию в печати и выступлениях соискателя на различных конференциях. Основные результаты диссертационных исследований, полученные соискателем, опубликованы в рецензируемых печатных изданиях из перечня ВАК.

Диссертационная работа имеет высокий научный уровень выполнен-

ных исследований, прикладной характер полученных результатов и эффективность предлагаемых рекомендаций, обеспечивающих расширение области применения частотно-регулируемых вентильных электроприводов с бездатчиковым векторным управлением в различных отраслях промышленности.

По автореферату представленной на защиту диссертационной работы имеются следующие замечания:

1. Требует пояснения, какие способы и средства предлагается применять для нормальной работы предлагаемого наблюдающего устройства в условиях реальных промышленных помех.
2. Какие сделаны допущения при получении «инженерных моделей вентильного двигателя, учитывающих полевые эффекты»?

Судя по автореферату, в результате выполнения Хафизовым Г.Т. теоретических и экспериментальных исследований решена актуальная научно-техническая задача, имеющая значение для развития теории и практики создания частотно-регулируемых вентильных электроприводов с высокой динамической надёжностью. Диссертационная работа на тему «Векторное управление вентильным электроприводом с регулированием угла коммутации» соответствует требованиям Положения о присуждении учёных степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Хафизов Глеб Тагирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Профессор кафедры «Электроснабжение
и электропривод» ЮРГПУ (НПИ)
д. т. н., профессор Георгий Яковлевич Пятибратов

Подпись Пятибратова Г. Я. удостоверяю
Ученый секретарь ЮРГПУ (НПИ) Н. Н. Холодкова

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

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

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

О Т З Ы В

Кафедры «Электротехнические комплексы автономных объектов и электрический транспорт» НИУ «МЭИ» на диссертацию ХАФИЗОВА Глеба Тагировича по теме «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» и выполненную на кафедрах Электромеханики и электромеханических систем и Летательных аппаратов Южно-Уральского государственного университета (Национального исследовательского университета) под руководством д.т.н. профессора Воронина С. Г.

Актуальность выбранной темы.

Современное состояние теории и практики построения вентильных электроприводов таково, что имеются вопросы, научное обоснование ответов на которые отсутствует, а это сдерживает возможности практического использования электроприводов.

В частности, устоялось мнение, что поскольку постоянный магнит в магнитоэлектрическом двигателе, используемом в вентильном электроприводе, намагничен заранее, то нет возможности регулировать магнитный поток, нельзя ослаблять поле при регулировании, как это делают при использовании машин с электромагнитным возбуждением. Как следствие, нет возможности увеличить частоту вращения холостого хода. Это особенно важно, например, для тягового электропривода, где регулирование момента с ростом частоты вращения следует осуществлять при условии постоянства мощности. В данной диссертации исследован актуальный вопрос векторного управления приводом с регулированием угла коммутации, которое позволяет увеличивать частоту вращения холостого хода и уменьшать пусковой момент, что подобно снижению потока возбуждения.

Актуальной задачей является и создание достаточно точных и адекватных динамических моделей магнитоэлектрической машины. Наличие таких моделей позволяет использовать их посредством современных цифровых средств обработки информации в управляемом приводе в процессе формирования управляющего воздействия. В диссертации большое внимание уделено не только созданию и исследованию такой динамической модели электромагнитных процессов в магнитоэлектрическом двигателе, но и построению на ее основе цифровой системы обработки информации с целью

получения достоверных и точных данных о текущем угловом положении ротора при отсутствии аппаратного датчика положения.

В связи с усложнением структуры управляемого вентильного электропривода актуальным на сегодня стал вопрос оценки его надежности как сложной электромеханической системы. Этому актуальному вопросу в рассматриваемой диссертации тоже уделено особое внимание.

Полученные в работе результаты дают научно обоснованные ответы на указанные выше злободневные вопросы, в чем и состоит актуальность выбранной темы исследований и актуальность самой работы.

Научная новизна работы.

В диссертации получила развитие теория синхронной машины с возбуждением от постоянных магнитов. Создана уточненная динамическая математическая модель электромагнитных процессов в такой машине. Предложен метод разработки и разработан программный датчик положения ротора, основанный на так называемом методе «наблюдателя» параметров, в котором применен нелинейный фильтр инвариантного погружения. Внесен заметный вклад в развитие теории надежности сложных технических систем. В частности, предложена модель и методика оценки показателей надежности системы при одновременном воздействии на нее нескольких разрушающих факторов разной физической природы.

Практическая значимость результатов.

Использование разработанных в диссертации математических моделей и предложенных рекомендаций непосредственно в системе управления приводом позволяет расширить диапазон регулирования выходных координат, улучшить энергетические показатели, повысить точность отработки заданных законов управления процессом электромеханического преобразования энергии, а также повысить надежность системы. В конечном счете, результаты диссертационной работы способствуют расширению области применения вентильного электропривода и повышению его конкурентоспособности на рынке электротехнической продукции.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.

Обоснование научных положений в диссертации начинается с выбора методов научных исследований. Разработка динамической модели электромагнитных процессов начата с выбора системы отсчета, т.е. совокупности тела отсчета, связанной с ним системы координат и системы отсчета времени. Как частные случаи из разработанной обобщенной

математической модели получены системы дифференциальных уравнений, записанные в привычном виде в системе координат, связанных с ротором, и в синхронной системе координат, что подтверждает правильность исходных научных положений. Автор хорошо владеет теорией дифференциальных форм, дискретной математикой, методами преобразования координат, электродинамикой, теорией вероятностей и математической статистикой. Все теоретические выводы научно обоснованы.

Оценка достоверности результатов.

Автор работы сам подтверждает достоверность полученных результатов на каждом этапе исследований. Вся работа состоит из нескольких взаимосвязанных частей. В одной из них выполнен анализ электромагнитных процессов в динамических режимах работы привода. Достоверность полученных результатов подтверждается совпадением их с результатами исследований, проведенных другими авторами. В другой части даны рекомендации и формулы для определения значений угла коммутации, оптимальных по различным критериям: обеспечения максимального вращающего момента, наименьших активных потерь мощности, наименьших суммарных потерь и т.д. Оппонент подтверждает достоверность этих результатов, так как они полностью совпадают с результатами проведенных им ранее аналогичных исследований. [См, например, публикацию: Понамарева Л.Н., Нагайцев В.И., Румянцев М.Ю. Анализ влияния параметров высокочастотного синхронного магнитоэлектрического двигателя на его свойства при частотном запуске. Ежемесячный научно-технический электронный журнал «Новое в российской электроэнергетике». – М.: Информационное агентство Энергопресс, №9 (2016г.), с. 41 – 50]. Качество созданной диссертантом системы определения положения ротора по косвенным параметрам в условиях наличия помех и дискретности исходной информации подтверждено совпадением результата с информацией, полученной с выхода аппаратного датчика положения ротора. Судить о достоверности предложенной методики априорной оценки надежности системы в условиях совместного действия на нее нескольких разрушающих факторов разной физической природы сложно. Для этого необходимо иметь достаточный объем статистических данных об апостериорной оценке надежности, выполненной при испытаниях функционирующей системы. Но в целом предложенный математический метод оценки показателей надежности вызывает доверие.

Качество изложения и оформления материала.

Диссертация и автореферат оформлены в полном соответствии с требованиями, предъявляемыми к таким научным работам. Соблюден установленный порядок изложения, все иллюстрации информативны и соответствуют стандартам оформления.

Однако текст и автореферата, и диссертации изложен несколько усложненным за счет введения не общепринятой терминологии языком. Встречаются неполные предложения, излишние знаки препинания, грамматические неточности. Текст не достаточно корректно отредактирован. Не следует воспринимать сказанное как замечания. Это просто констатация факта несколько неумелого использования диссертантом возможностей делового русского языка в научном тексте.

Соответствие требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» и «Паспорту специальности».

Диссертация полностью соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней». В ней содержатся все необходимые разделы, доказана актуальность темы, сформулированы цель и задачи диссертационного исследования, оговорены используемые научные методы, приведены результаты выполненных исследований, даны рекомендации для их практического использования, указано направление дальнейших научных исследований объекта. Работа соответствует также и «Паспорту специальности» 05.09.03. – «электротехнические комплексы и системы», так как посвящена научному исследованию вентильного электропривода с векторным управлением, а этот объект исследования является электромеханической системой.

Критические замечания.

1. В диссертации недостаточно четко оговорены принятые при создании динамической модели допущения. В частности, не ясно как учитывается зубчатость рабочего зазора, явнополюсность и насыщение магнитной цепи электромеханического преобразователя.

2. При исследовании режима векторного управления с регулированием угла коммутации следовало бы привести структурную схему системы управления, реализующей этот режим, и учесть динамические процессы в этой системе управления. В диссертации же исследуются динамические процессы, происходящие только в электромеханическом преобразователе. И не

доказана справедливость пренебрежения процессами, происходящими в электронной системе.

3. Не ясно, применима ли разработанная динамическая модель при использовании пространственно-векторной модуляции для реализации векторного управления.

4. К сожалению, в разделе, посвященном разработке методов оценки надежности при комплексном воздействии на систему факторов разной физической природы, автор не пользуется общепринятыми показателями надежности: безотказность, долговечность, ремонтопригодность, сохраняемость, либо комплексными показателями: вероятность безотказной работы, средняя наработка (на отказ, до отказа), интенсивность отказов.

5. В работе сделан акцент на достоинства программного датчика положения ротора, но не сказано о его недостатках. А он является динамическим и не обеспечивает сигнал при малых частотах вращения.

Заключение

Несмотря на высказанные выше замечания, выполненная работа заслуживает положительной оценки. Данная диссертация является законченным научным трудом, выполнена автором самостоятельно и на высоком научном уровне. В работе приведены научные результаты, позволяющие квалифицировать ее как развитие теории исследования электромеханических систем. Новые научные результаты, полученные диссертантом, имеют существенное значение для практики использования управляемого электропривода. Автореферат соответствует основному содержанию работы.

Автор диссертации своей работой показал способность самостоятельно ставить научные задачи, находить пути их решения и в конечном итоге успешно решать их.

На основании изложенного считаю, что Хафизов Глеб Тагирович вполне заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03. - «электротехнические комплексы и системы».

Зав. каф. ЭКАО и ЭТ, к.т.н. Румянцев М.Ю.

Подпись Румянцев М.Ю.заверяю

ЗАМЕСТИТЕЛЬ НАЧАЛЬНИКА
УПРАВЛЕНИЯ ПО РАБОТЕ С ПЕРСОНАЛОМ
Л.И.Полевая
26.06.2017