

ОТЗЫВ

официального оппонента Журавлева Артема Михайловича, кандидата технических наук на диссертацию Кулёвой Надежды Юрьевны на тему «Разработка математических моделей и анализ рабочих характеристик вентильных электроприводов с дискретной коммутацией обмотки», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2 - Электротехнические комплексы и системы

1. Актуальность темы диссертационной работы

В настоящее время в автомобилестроении растет потребность в вентильных электроприводах (ВЭП), где в качестве электромеханического преобразователя применяют синхронный двигатель на постоянных магнитах (СДПМ). Также рост интереса к использованию электропривода, в том числе ВЭП, в автомобилестроении подтверждается распоряжением правительства от 23 августа 2021 г. №2290-р, где была утверждена концепция производства и использования электрического автономного транспорта в РФ. Основные требования, предъявляемые к электроприводам электромобилей, обеспечение работы с постоянной мощностью в широком диапазоне скорости, обеспечение пускового момента при разгоне и высокие энергетические характеристики.

Диссертационная работа актуальна, несмотря на то, что исследования по анализу ВЭП ведутся с середины прошлого века, однако, автор выявил нерешенные проблемы и решил их, а именно был рассмотрен режим фазового векторного управления (ФВУ) и проведена сравнительная оценка энергетических показателей и рабочих характеристик при различных алгоритмах ДК ВЭП.

Таким образом, актуальность диссертационной работы подтверждается.

2. Общая характеристика, структура и объем работы

Диссертационная работа изложена на 160 страницах и содержит 147 страниц основного текста, 120 иллюстраций, 18 таблиц. Она состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 110 наименований.

Во введении обоснована актуальность выбранной темы, сформулированы научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, указаны методы исследования, приведена апробация работы и представлена структура диссертации, сформулированы цель и задачи диссертационной работы

В первой главе описан общепринятый подход к проектированию ВЭП. Проведен обзор существующих систем управления. Описаны способы исследования электромагнитных процессов ВЭП с ДК и дано объяснение, почему универсальная модель, позволяющая исследовать различные алгоритмы ДК, не была разработана ранее. Сформулирована необходимость учитывать форму ЭДС при моделировании электромагнитных процессов ВЭП с ДК.

Во второй главе получено математическое описание физических процессов ВЭП с ДК, которое учитывает реальную форму ЭДС, коммутацию ключей преобразователя и справедливое для различных алгоритмов ДК.

На базе полученного математического описания разработана универсальная математическая модель, позволяющая оценить диапазон регулирования механических координат и электромагнитный КПД. Достоверность модели доказана путем сравнения результатов моделирования и паспортных данных реального двигателя.

В третьей главе составлены аналитические модели, позволяющие проанализировать возможность расширения диапазона регулирования скорости и повышения КПД. Сформулированы рекомендации по выбору алгоритма ДК в зависимости от требований, предъявляемых к проектируемым ВЭП.

Проанализировано влияние регулирования угла коммутации или режима ФВУ на расширение диапазона регулирования скорости и повышение КПД для разных алгоритмов ДК. Для 120-градусной коммутации регулирование угла коммутации не эффективно, однако для 180-градусной регулирование угла коммутации показало свою эффективность.

Показано влияние второй высшей гармоники ЭДС на КПД и электромагнитный момент. Для всех алгоритмов коммутации увеличение второй гармоники ведет к увеличению КПД, при этом пульсации момента также возрастают. А влияние третьей гармоники на координаты ВЭП не обнаружено.

В четвертой главе описана полевая модель, учитывающая распределение магнитного поля в воздушном зазоре СДПМ. Результаты моделирования подтвердили выводы третьей главы. Представлен сравнительный анализ результатов моделирования универсальной математической и полевой моделей, анализ подтвердил адекватность и возможность использования на производстве универсальной математической модели.

В пятой главе автором разработан универсальный стенд, позволяющий провести исследования ВЭП с ДК. Экспериментальные исследования подтвердили возможность практического применения разработанной ранее универсальной математической модели при проектировании ВЭП.

В заключении представлены результаты исследований описанных в диссертационной работе и даны рекомендации по применению разных алгоритмов ДК.

3. Степень обоснованности полученных результатов, научных положений и выводов, сформулированных в диссертационной работе

Высокая степень обоснованности подтверждается детальным анализом значительного количества отечественных и иностранных литературных источников, последовательным проведением экспериментов, научным обоснованием полученных результатов, их математической обработкой и закономерно сформулированными выводами.

Достоверность результатов обеспечивается корректной постановкой задач, обоснованностью используемых теоретических зависимостей и принятых допущений, применением современного оборудования с высокой точностью измерений, воспроизводимостью результатов экспериментов.

4. Научная новизна работы

Научная новизна заключается в разработке универсальной линейной математической модели ВЭП с ДК, позволяющая исследовать влияние способа коммутации и формы ЭДС на характеристики привода при дискретной коммутации. Было проведено исследование влияния формы ЭДС двигателя на выходные характеристики привода, что позволило оценить возможность расширения механических координат и увеличения КПД ВЭП. Дана оценка эффективности применения метода ФВУ для расширения рабочего диапазона механических координат ВЭП и увеличения КПД. Получены практические рекомендации об эффективности применения ФВУ для разных алгоритмов ДК.

5. Теоретическая и практическая значимость диссертационной работы

Теоретическая значимость работы определяется следующим содержанием: были разработаны три математические модели ВЭП с ДК и доказано, что универсальная математическая модель может применяться на практике при проектировании электропривода.

Сформулированы практические рекомендации по выбору и использованию известных алгоритмов ДК ВЭП, достоверность которых подтверждается результатами моделирования электромагнитных процессов ВЭП и результатами экспериментальных исследований.

Дана численная оценка влияния высших гармоник на рабочие характеристики и энергетические показатели ВЭП.

В диссертационной работе проведено исследование 150-градусной коммутации, перспективной с точки зрения практического применения, поскольку её применение позволяет получить высокие энергетические показатели и широкий диапазон регулирования скорости при колебаниях момента и тока не превышающих 5 %.

Теоретические положения, представленные в работе, используются в учебном процессе кафедры «Электропривод, мехатроника и электромеханика» по дисциплине «Системы автоматизированного проектирования»

Отдельные результаты диссертационного исследования нашли применение на производстве перспективных электроприводов ООО «Мэлс» и в работе предприятий ООО «Станкомаш» и АО «Кургандормаш».

6. Анализ публикаций автора по теме исследования

Основные результаты исследований, приведенные в диссертации, докладывались на шести научных конференциях, в том числе четырех международных.

Материалы диссертации опубликованы в 14 печатных работах, в том числе 5 статей – в журналах, включенных в перечень ВАК, и 3 статьи в иных изданиях. Получено 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ и 1 патент на полезную модель.

На основании этих сведений, а также анализа публикаций можно утверждать, что научная новизна работы и все вносимые на защиту положения отражают личный вклад соискателя в проведенных научных исследованиях.

7. Соответствие автореферата диссертации

Автореферат в полной мере соответствует содержанию диссертации, охватывает все её разделы и отвечает требованиям ВАК РФ.

8. Соответствие паспорту научной специальности

Диссертация соответствует специальности 2.4.2 - Электротехнические комплексы и системы, в части:

- 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»

- п. 3. «Разработка, структурный и параметрический синтез, оптимизация электротехнических комплексов, систем и их компонентов, разработка алгоритмов эффективного управления»

9. Вопросы и замечания

1) Автор диссертации использует разные термины: вид, способ и алгоритм коммутации, что несколько затрудняет восприятие диссертационной работы.

2) В одном из выводов автор пишет, что ток отличается на 0,03 А, а момент на 0,001, значения указаны в абсолютных единицах, что не позволяет провести оценку с точки зрения количественного показателя.

3) Почему в практическую значимость работы не вынесены разработанные модели?

4) В третьей главе проведены исследования на аналитических моделях, в том числе исследования модели с индуктивностью фазной обмотки равной нулю, можно ли опираться на выводы, полученные на этой модели?

5) Почему не рассматривались тормозные режимы в диссертации?

10. Заключение о соответствии диссертационной работы критериям Положения о присуждении ученых степеней

Диссертация Кулёвой Н. Ю. «Разработка математических моделей и анализ рабочих характеристик вентильных электроприводов с дискретной коммутацией обмотки» является самостоятельной, завершённой научно-квалификационной работой, посвящённой техническим решениям по повышению энергетических показателей, расширению рабочего диапазона и улучшению выходных характеристик ВЭП на основе СДПМ с ДК обмотки.

Анализ содержания диссертации и публикации по теме позволяет сделать вывод, что диссертационная работа по актуальности избранной темы, характеру рассматриваемых вопросов, поставленных и достигнутых целей и задач, степени и новизне, значению для теории и практике соответствует требованиям п.9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней» (утверждено постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 №842) с изменениями постановления правительства РФ от 21 апреля 2016 г. № 335 «О внесении изменений в положение о присуждении ученых степеней». Диссертация содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе

соискателя в науку. Считаю, что автор, Кулёва Надежда Юрьевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2 - Электротехнические комплексы и системы.

Официальный оппонент –

Руководитель группы цифровых решений
АО «ДКС»

кандидат технических наук по
специальности 05.09.12.

Почтовый адрес: 125167, г. Москва, 4-я
улица 8-го Марта, дом ба.,

Телефон: 89191257378

e-mail: Zhura-74@yandex.ru



А.М. Журавлев

2.12.2024