

ОТЗЫВ

официального оппонента, к.т.н., доцента Синюковой Татьяны Викторовны на диссертацию Лутонина Александра Сергеевича на тему: «Структура и алгоритмы энергоэффективного управления электротехническим комплексом транспортного средства с использованием мотор-колес с синхронными двигателями», представленную на соискание ученой степени кандидата экономических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

Актуальность темы диссертации

Транспортные средства различных типов и применений в настоящее время повсеместно распространены во всех сферах жизни человека, которые, по распространенности, можно разделить на два основных типа: с использованием двигателя внутреннего сгорания (ДВС) и с использованием электродвигателя. В сравнении с ДВС, электромотор обладает рядом преимуществ, таких как:

- Высокое значение КПД;
- Надежная конструкция;
- Большой срок эксплуатации;
- Низкая стоимость обслуживания;
- Отсутствие вредных выбросов в атмосферу.

Однако двигатель внутреннего сгорания имеет существенное превосходство по автономному запасу хода. В связи с этим, существует потребность в оптимизации и улучшении технологий для их применения в электротранспорте. На данный момент существует множество исследований, направленных на улучшение ёмкости совместно с уменьшением массы энергоносителей, повышения КПД электродвигателей, снижения общего веса транспортного средства. Одним из решений по снижению веса трансмиссии электромобилей является использование мотор-колес, так как они помогают избежать использования дополнительных передаточных механизмов, а также снижают и равномерно распределяют вес транспортного средства. При этом, одной из особенностей использования мотор-колес является необходимость отказа от коробки передач. В этом случае, подход к разработке тяговой установки с использованием мотор-колес значительно ограничен в выборе силовых агрегатов: механическая характеристика мотора должна позволять транспортному средству работать в широком диапазоне скоростей без потери крутящего момента на валу. Это затрудняет внедрение мотор-колес как основных тяговых агрегатов, поэтому разработка топологии и алгоритма управления электромотором в составе мотор-колес, которые позволят обеспечить эффективность работы электромоторов совместно с увеличением диапазона рабочих скоростей является актуальной задачей.

Для решения вышеобозначенной задачи автором было предложено использование системы из двух преобразователей частоты с использованием буферной конденсаторной батареи, которая выступает компенсатором противо-ЭДС электродвигателя. В качестве тягового агрегата был выбран синхронный двигатель с постоянными магнитами, в виду высоких показателей КПД, а также наилучшему соотношению веса мотора к его

№532-9
от 10.12.2020г.

мощности. Также был разработан алгоритм генерации векторов управляющего напряжения для предложенной топологии. Также были предложены алгоритмы определения оптимальных характеристик синхронного двигателя с постоянными магнитами и способ определения минимально необходимой ёмкости буферного конденсатора.

Научная новизна и результаты работы

В диссертации предложено использование системы из двух преобразователей частоты с использованием буферной конденсаторной батареи, которая выступает в качестве компенсатора противо-ЭДС электродвигателя. Получены уравнения формирования управляющих векторов напряжения для двух преобразователей частоты для работы синхронного двигателя с постоянными магнитами в широком диапазоне скоростей. Определен оптимальный тип буферного конденсатора, а также разработан алгоритм подбора его минимально необходимой ёмкости. Проведена оценка эффективности предлагаемой системы в сравнении со стандартной топологией электропривода с одним преобразователем частоты и подключением конца обмоток статора по схеме «Звезда» посредством имитационного моделирования в программном пакете Matlab/Simulink. Получено, что использование разработанной топологии позволяет увеличить максимальную скорость электродвигателя в режиме ослабленного поля на 17%, с повышением крутящего момента на валу ротора на 16.6%. Также использование разработанной топологии позволяет увеличить скоростной диапазон в режиме постоянства максимального момента на 34%.

Основные научные результаты диссертационной работы отражены в 8 публикациях, в том числе в 2 изданиях из перечня, рекомендованного ВАК Минобрнауки РФ. 3 – в изданиях, индексируемых в международной базе Scopus, получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020615693. Основные положения и результаты работы прошли публичное обсуждение на 8 всероссийских и международных конференциях в период с 2017 по 2020 г.

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и технических решений основана на корректном применении теории и методов расчета электротехнических систем, теории автоматизированного электропривода, теории систем автоматического управления. В работе использованы стандартные методы математического и имитационного моделирования, а также сравнение полученных результатов с работами отечественных и зарубежных ученых.

Для обоснования первого защищаемого положения, представленного во второй главе диссертации, проведены теоретические исследования работы топологии с использованием синхронного двигателя с постоянными магнитами с подключенными к началу и концу обмоток статора преобразователей частоты, один из которых получает питание от аккумулятора, а другой – от буферного конденсатора. На основании полученных результатов были сформулированы алгоритмы управления, обеспечивающих работу системы электропривода в широком скоростном диапазоне.

Обоснование второго защищаемого положения обусловлено результатами исследований, представленных в третьей и четвертой главах. Автором предложен

алгоритм расчета параметров синхронного двигателя с постоянными магнитами для соответствия заданным динамическим характеристикам транспортного средства. Составлено уравнение расчета минимальной емкости конденсаторной батареи, обеспечивающее соответствующий уровень пульсации напряжения в звене постоянного тока преобразователя частоты с подключенным буферным конденсатором. На основании имитационного моделирования, представленного в главе 4, установлено увеличение максимальной скорости синхронного двигателя с постоянными магнитами на 17% совместно с повышением крутящего момента на 16.6%.

Теоретическое и прикладное значение диссертационной работы

Результаты, полученные в ходе диссертационного исследования, приняты к внедрению в ООО «Невский Машиностроитель», а также рекомендованы к внедрению в учебный процесс горного университета.

При ознакомлении с диссертационной работой возникли следующие вопросы и замечания:

1. На стр. 55 нет ясности на основании чего было взято значение 30 градусов между током и напряжением, в соответствии с которым был сделан вывод о возможном увеличении диапазона номинальных значений скорости на 15%
2. На рис 2.15 нет пояснений для чего используется сигнал обратной связи по скорости в блоке ограничения задания по моменту. Также из рисунка и пояснения к нему не ясно каким образом формируется задание по напряжению для конденсатора.
3. Результаты имитационного моделирования, представленные главе 4, отражают только динамику движения по прямой дороге без учета уклона транспортного средства, а также сил встречного потока ветра. При этом уравнения, использованные для моделирования транспортного средства, подразумевают их использование.
4. На рисунке 3.2 отсутствуют значения на осях графиков.
5. На стр. 87 опечатка. В качестве значения максимально допустимого тока, используемого при моделировании, указано 0,29А.

Общая оценка и заключение по диссертации

Диссертационная работа Лутонина Александра Сергеевича является законченной научно-технической работой на соискание ученой степени кандидата технических наук, в которой автор решил научно-техническую и практически значимую задачу повышения энергоэффективности работы синхронного двигателя с постоянными магнитами посредством разработки топологии и алгоритма управления системой электропривода в составе мотор-колес, которые позволят обеспечить эффективность работы электромотора совместно с увеличением диапазона его рабочих скоростей.

Диссертация «Структура и алгоритмы энергоэффективного управления электротехническим комплексом транспортного средства с использованием мотор-колес с синхронными двигателями» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая в полной мере соответствует критериям, соответствует требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного

бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Горного университета от 19.12.2019 № 1755 адм, а ее автор – Лутонин Александр Сергеевич – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Официальный оппонент,
доцент кафедры электропривода

ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»
кандидат технических наук, доцент



Синюкова
Татьяна Викторовна

Тел.: +7 (4742) 32-80-56
e-mail: kaf-ep@stu.lipetsk.ru
Дата: 07.12.2020 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Липецкий государственный технический университет» 398055, Россия, г. Липецк, ул. Московская, д. 30, тел: +7 (4742) 328-000, e-mail: mailbox@stu.lipetsk.ru, сайт: <http://www.stu.lipetsk.ru/>

Подпись Синюковой Т. В. заверяю

Начальник отдела кадров

ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»



Чижова
Елена Борисовна