

УТВЕРЖДАЮ:



Еникеев Р.Д.
2022 г.

ОТЗЫВ

**ведущей организации на диссертацию Татуйко Павла Станиславовича
«Повышение энергоэффективности систем электроснабжения
транспортных средств», представленную на соискание учёной степени
кандидата технических наук по специальности
05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы**

Актуальность темы исследования

Развитие систем электродвижения, получающих всё более широкое распространение на транспорте, приводит к росту требований, которые предъявляются к системам электропитания, качеству электрической энергии и эффективности её использования. Для обеспечения электроэнергетических комплексов и систем требуемым напряжением заданного уровня применяются статические преобразователи электроэнергии, от надёжности и эффективности работы которых зависит энергоэффективность всей системы электроснабжения транспортных средств. В связи с чем, проведенное соискателем диссертационное исследование, направленное на повышение энергоэффективности систем электроснабжения транспортных средств на основе применения в данных системах современных импульсных преобразователей с «мягкой» коммутацией полупроводниковых ключей, является весьма актуальным и имеет большую теоретическую и практическую значимость.

Оценка структуры и содержания работы

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы, включающего 89 источников, и трёх приложений. Содержание и структура работы соответствуют целям и задачам исследования, главы диссертации заканчиваются лаконично изложенными выводами, а заключение включает в себя общий итог проведенных исследований.

Для достижения поставленной цели соискателем был произведен анализ тенденций развития, а также определены пути повышения энергоэффективности систем электроснабжения транспортных средств, в результате которого выявлены ключевые направления исследования. В

частности, в работе рассмотрены варианты повышения эксплуатационных показателей импульсной преобразовательной техники, входящей в состав системы электроснабжения, в задачу которой входит преобразование электрической энергии. Обосновано, что одним из вариантов повышения энергоэффективности системы электроснабжения транспортного средства является применение резонансных топологий импульсных преобразователей напряжения, и как наиболее оптимальной топологии, применительно к системам электродвижения - полумостового резонансного преобразователя с последовательно-параллельным LLC резонансным контуром. Разработана методика расчёта и произведен параметрический синтез резонансного преобразователя, разработаны математические и компьютерные модели, позволяющие анализировать эффективность преобразования электрической энергии. Данное решение применимо как для систем заряда аккумуляторных батарей, так и устройств обеспечения вторичным электропитанием функциональных узлов и модулей транспортного средства.

Особо стоит отметить выбранное автором направление исследований в части анализа параметров полупроводниковых компонентов статических преобразователей напряжения при охлаждении их жидким азотом, а также содержание и объём данных исследований. Полученные результаты указывают на то, что при использовании систем криогенного охлаждения в составе устройств электродвижения для определённых типов компонентов достигается кратное снижение величины мощности потерь, что позволит существенно повысить энергоэффективность всей системы электроснабжения транспортного средства.

Диссертация обладает внутренним логическим единством, содержание и структура работы соответствуют целям и задачам исследования, основные положения, выносимые на защиту, являются новыми.

Соответствие содержания диссертации заявленной специальности

Диссертация соответствует научной специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы. Проводимое в работе исследование, направленное на повышение энергоэффективности систем электроснабжения транспортных средств, соответствует содержанию специальности. Объектом исследования в данной работе является система электроснабжения транспортного средства, включающая импульсные резонансные преобразователи напряжения, выполненные на современной элементной базе. Содержание диссертации соответствует следующим пунктам паспорта специальности:

1) пункт 1: развитие общей теории электротехнических комплексов и систем, изучение системных свойств и связей, физическое, математическое, имитационное и компьютерное моделирование компонентов электротехнических комплексов и систем;

2) пункт 3: разработка, структурный и параметрический синтез электротехнических комплексов и систем, их оптимизация, а также разработка алгоритмов эффективного управления;

3) пункт 4: исследование работоспособности и качества функционирования электротехнических комплексов и систем в различных режимах, при разнообразных внешних воздействиях.

Соответствие автореферата диссертации её содержанию

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации. В автореферате отражены основные положения диссертации, приведены выводы и результаты исследования.

Личный вклад соискателя в получении результатов исследования

Соискателем определены перспективные направления развития систем электродвижения, выявлены основные пути повышения энергоэффективности систем электроснабжения транспортных средств, произведено комплексное исследование основных топологий резонансных преобразователей напряжения, разработаны компьютерные модели, осуществлена апробация результатов исследований.

Также автором проведены исследования по определению параметров электронной компонентной базы, с частности транзисторов, при функционировании в среде жидкого азота, в результате которых определены структуры полупроводниковых ключей, при использовании которых в составе систем электроснабжения транспортных средств общая эффективность данных систем существенно возрастает ввиду кратного снижения электрических потерь.

Степень достоверности результатов исследования

Достоверность результатов, полученных в диссертационном исследовании, подтверждается сходимостью результатов аналитического расчёта с результатами компьютерного моделирования и лабораторными испытаниями.

Теоретическая и практическая значимость полученных автором диссертации результатов

Теоретическая и практическая значимость полученных автором диссертации результатов заключается в следующем:

- определены ключевые тенденции развития и пути повышения энергоэффективности систем электроснабжения транспортных средств;
- произведён сравнительный анализ основных топологий резонансных преобразователей с точки зрения применения их в составе систем электроснабжения транспортных средств. Разработаны методика расчёта и соответствующие математические и компьютерные модели для анализа режимов работы преобразователей в составе систем электродвижения;
- разработана методика определения изменения выходной ёмкости МОП-транзистора от величины напряжения сток-исток. Произведены натурные исследования, даны рекомендации по применению исследуемых транзисторов в составе резонансных преобразователей напряжения;

– проведены исследования по определению параметров силовых полупроводниковых ключей при охлаждении жидким азотом, подтверждена целесообразность применения криогенного охлаждения для систем электродвижения.

Результаты работы приняты ОАО «Авангард» и использованы при разработке источников вторичного электропитания, а также при выполнении аванпроекта «Разработка концепции развития силовой компонентной базы и преобразовательной техники для применения в составе систем ВТСП-электродвижения». Методики расчёта и моделирования внедрены в учебный процесс Брянского государственного технического университета.

Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

1. В целях повышения энергоэффективности рекомендуется применять в системах электроснабжения транспортных средств топологию полумостового резонансного преобразователя с последовательно-параллельным LLC резонансным контуром.

2. Разработанную методику расчёта полумостового преобразователя с последовательно-параллельным LLC резонансным контуром рекомендуется использовать на стадии проектирования статических преобразователей напряжения для систем электроснабжения транспортных средств.

3. Выявленные при исследовании типы полупроводниковых ключей, существенно улучшающие свои свойства в криосреде, рекомендуется применять при мощности исполнительных механизмов (электродвигателей) транспортных систем от единиц-десятков мегаватт и выше.

Новизна полученных результатов

Новизна полученных результатов заключается в следующем:

– на основе аналитического расчёта и определения режимов работы основных типов резонансных преобразователей обосновано, что для использования в составе источников вторичного электропитания транспортных средств наиболее предпочтительным является резонансный преобразователь с последовательно-параллельным LLC резонансным контуром;

– разработана методика расчёта полумостового преобразователя с последовательно-параллельным LLC резонансным контуром, обладающая высокой сходимостью с результатами компьютерного моделирования;

– разработана методика оценки гистерезиса выходной ёмкости MOSFET-, SiC- и GaN-транзисторов, влияющей на функционирование указанных компонентов в составе резонансных преобразователей напряжения;

– определены типы полупроводниковых ключей, на параметры которых криогенные температуры влияют наилучшим образом и которые могут быть использованы в системе электроснабжения транспортного средства, функционирующей в криосреде.

Замечания по диссертационной работе

1. В первой главе работы приведён избыточный объём материала для осуществления анализа тенденций развития систем электродвижения.

2. В диссертации недостаточно полно рассмотрены работы отечественных учёных, занимающиеся исследованием резонансных преобразователей напряжения.

3. В первой главе в п.1.2 указано, что одним из вариантов решения реализации системы электродвижения на больших мощностях является применение технологий ВТСП, однако не произведена количественная оценка энергоэффективности системы электроснабжения транспортного средства от реализации данного решения.

4. В приложении Б приведён акт внедрения результатов диссертационного исследования, однако в тексте работы не представлены основные результаты внедрения.

5. Компьютерное моделирование выполнено для преобразователя малой мощности, но в ряде случаев, например, в цепях заряда аккумуляторной батареи, требуются более мощные преобразователи.

6. Не пояснено, с какой целью моделирование выполнялось в двух программных комплексах: LTSpice и Matlab Simulink.

Сделанные замечания не снижают ценности научных и практических результатов работы.

Заключение по диссертации о соответствии её требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней»

Диссертационная работа Татуйко П.С. является завершённой научно-квалификационной работой, обладает внутренним единством, написана автором самостоятельно, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора в науку.

В диссертации Татуйко П.С. изложены научно-обоснованные технические решения по повышению энергоэффективности систем электроснабжения транспортных средств, что имеет существенное значение для создания и развития отечественных систем электродвижения.

В итоге можно констатировать, что диссертация полностью соответствует требованиям Положения о присуждении учёных степеней, а её автор, Татуйко Павел Станиславович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Диссертация рассмотрена на заседании кафедры «Электромеханика» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет» «16» марта 2022 г., протокол № 7/1.

Результаты открытого голосования о принятии данного решения:
«за» – 30 голосов, «против» – 0, «воздержались» – 0 голосов.

Заведующий кафедрой
электромеханики ФГБОУ ВО
«Уфимский государственный
авиационный технический
университет»,
доктор технических наук, доцент
Докторская диссертация защищена
по специальности 05.09.03 –
Электротехнические комплексы и
системы

Вавилов Вячеслав Евгеньевич

почтовый адрес: 450008, Россия,
г. Уфа, ул. Карла Маркса, д. 12;
телефон: + 7 908 350-23-12;
адрес электронной почты:
s2_88@mail.ru

