

1. Актуальность темы диссертационного исследования

Ежегодное производство электроэнергии в России составляет более 1 тр. кВт/ч, при этом, потери в сетях достигают 10% от всей произведенной электроэнергии.

Значительная часть потребителей электроэнергии - это предприятия по добычи полезных ископаемых, обрабатывающие производства, транспорт, работающие в сетях 6-10 кВ и являющиеся источниками реактивной мощности и мощности искажений, что является одной из причин потерь в сетях.

Мощность единицы оборудования таких потребителей может достигать нескольких мегаватт, поэтому для компенсации вносимых ими искажений требуется применение активных силовых фильтров (АСФ) повышенной мощности, что достигается применением многоуровневых полупроводниковых преобразователей в параллельном включении, но возникающие при этом циркуляционные токи снижают энергоэффективность самого АСФ.

В этой связи, работа соискателя, направленная на улучшение энергетической эффективности АСФ, реализованного на трехфазных многоуровневых полупроводниковых преобразователях включенных параллельно, является актуальной.

2. Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации

Автор принимал непосредственное участие в исследовании протекания электромагнитных процессов в многоуровневых полупроводниковых преобразователях, в разработке алгоритмов управления для АСФ, создании экспериментальной установки – прототипа АСФ, экспериментальных исследованиях, а также в анализе полученных результатов.

3. Степень достоверности результатов проведенных исследований

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, обоснованы и достоверны. Теоретические решения и экспериментальные данные, полученные в работе, не противоречат известным положениям науки, базируются на строго доказанных выводах и согласуются с ранее полученными результатами.

4. Новизна и практическая значимость результатов проведенных исследований

Научная новизна состоит в следующем:

1. Предложен алгоритм векторной ШИМ для двух трехуровневых полупроводниковых преобразователей в параллельном включении,

позволяющий снизить циркуляционные токи и улучшить гармонический состав формируемого фазного тока.

2. Предложен алгоритм, повышающий эффективность компенсации параллельным активным силовым фильтром высших гармоник тока в установившемся режиме работы.

3. Разработана методика вычисления коэффициента гармоник сетевого тока, позволяющая проводить вычисления в реальном времени на микроконтроллерах, не имеющих аппаратной поддержки функций цифровой обработки сигналов.

Практическая значимость работы состоит в следующем:

Предложенные в диссертационной работе алгоритмы управления активным силовым фильтром на базе инверторов напряжения в параллельном включении, алгоритмы управления преобразователем на базе трехфазного трехуровневого инвертора напряжения и имитационные модели использовались при выполнении научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ в ООО «Системы постоянного тока».

5. Ценность научных работ соискателя

Предложенная в диссертации методика оценки коэффициента гармоник фазного тока может быть использована при разработке различных устройств силовой электроники, в случае необходимости контроля коэффициента гармоник тока в реальном времени.

6. Научная специальность, которой соответствует диссертация

Выполненная диссертация Токарева Вадима Геннадьевича «Способы повышения энергетической эффективности активных силовых фильтров» соответствуют паспорту специальности 05.09.12 «Силовая электроника»:

– формуле паспорта специальности, так как в диссертации рассматриваются вопросы «повышения энергетической эффективности активного силового фильтра, реализованного на трехфазных многоуровневых полупроводниковых преобразователях включенных параллельно»;

– областям исследования паспорта специальности, в частности:

1) пункту 2 «Теоретический анализ и экспериментальные исследования процессов преобразования (выпрямления, инвертирования, импульсного, частотного и фазочастотного регулирования и т.п.) в устройствах силовой электроники с целью улучшения их технико-экономических и эксплуатационных характеристик»;

2) пункту 3 «Оптимизация преобразователей, их отдельных, функциональных узлов и элементов»;

3) пункту 4 «Математическое и схемотехническое моделирование преобразовательных устройств».

4) пункту 5 «Разработка научных подходов, методов, алгоритмов и программ, обеспечивающих адекватное отражение в моделях физической сущности электромагнитных процессов и законов функционирования устройств силовой электроники».

7. Полнота изложения материалов диссертации в работах опубликованных соискателем

Результаты диссертационного исследования опубликованы в 10 научных работах, из них работ, опубликованных согласно перечню российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук (перечень ВАК) – 3, а также работ в научных изданиях, индексируемых базами *Scopus* и/или *Web of Science* – 1; патентов на полезную модель – 1, свидетельств о государственной регистрации программы для ЭВМ – 3.

Основные научные результаты диссертации достаточно полно отражены:

В работах, опубликованных в **рецензируемых научных изданиях (из перечня ВАК)**:

1. Токарев, В.Г. Векторная ШИМ для снижения циркуляционных токов в параллельно включенных трехуровневых преобразователях / В. Г. Токарев, С. В. Брованов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. - 2020. – Т. 20, № 1. – С. 94–104. - DOI: DOI:10.14529/power200111;

2. Токарев, В.Г. Методика вычисления коэффициента гармоник сетевого тока в трехфазной сети / В.Г. Токарев, С.В. Брованов, М.А. Дыбко // Доклады ТУСУР. – 2020. – Т. 23, № 2. – С. 116–121. DOI: 10.21293/1818-0442-2020-23-2-116-121;

3. Токарев, В. Г. Улучшение синхронизации параллельного активного силового фильтра с питающей сетью / В. Г. Токарев // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. – 2018. – Т. 18, № 4. – С. 101–108. – DOI: 10.14529/power180411.

В полученном патенте на полезную модель:

4. Трехфазный активный силовой фильтр: п.м. RU175601U1
Российская Федерация : МПК Н02J 3/26 / В.Г. Токарев, С.В. Брованов, В.А. Колесников, Д.Г. Метальников; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "Системы Постоянного Тока" .- №2017108954; заяв. 17.03.2017; опубл. 12.12.2017; Бюл. № 35;

В свидетельствах о регистрации программы для ЭВМ:

5. Программа оценки ожидаемого тока нагрузки через заданный интервал времени для системы управления активным силовым фильтром: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2016618931 /В.Г.Токарев, С.В.Брованов; Заявитель и правообладатель ФГБУ ВО Новосибирский государственный технический университет. - №2016661505, заяв. 19.08.2016; зарег. 20.11.2016;

6. Программа управления активным силовым фильтром на базе параллельных инверторов напряжения: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2017618611 / М.А.Дыбко, С.В. Брованов, В.Г.Токарев, А.С.Семягин; правообладатель Общество с ограниченной ответственностью "Системы Постоянного Тока" .- №2017615407; заяв. 06.06.2017; зарег. 04.08.2017;

7. Программа управления активным силовым фильтром на базе трехфазного трехуровневого инвертора напряжения: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2017619343/ М.А.Дыбко, С.В. Брованов, В.Г.Токарев, Д.В.Панфилов; правообладатель Общество с ограниченной ответственностью "Системы Постоянного Тока" .- №2017614431; заяв. 15.05.2017; зарег. 24.08.2017;

Научные результаты диссертации отражены также в следующих научных изданиях:

Изданиях, индексируемых базами Scopus и/или Web of Science:

8. Improving the active power filter performance with a prediction-based control method / V. G. Tokarev, S. V. Brovanov, A. A. Yakimenko, A. V. Sidorenko, D. Solovev // The 17 international conference of young specialists on micro/nanotechnologies and electron devices, EDM 2016 : proc., Altai, Erlagol, 30 June – 4 July 2016. – Novosibirsk : NSTU, 2016. – P. 577-582. - ISBN 978-5-94301-628-8 . - DOI: 10.1109/EDM.2016.7538802;

В прочих работах по теме диссертации:

9. Имитационная и экспериментальная верификация прогнозирующего алгоритма управления активным силовым фильтром /

В.Г.Токарев, С.В.Брованов, М.А.Дыбко, А.В.Удовиченко // Труды международной семнадцатой научно-технической конференции «Электроприводы переменного тока», [г. Екатеринбург], 26-30 марта 2018 г. — Екатеринбург : [УрФУ], 2018. — С. 28-33;

10. Оценка энергетической эффективности активных силовых фильтров на базе параллельных многоуровневых преобразователей / М.А. Дыбко, В. Г. Токарев, С. В. Брованов, С.А. Харитонов // Труды 16-й международной конференции "Актуальные проблемы электронного приборостроения " г. Новосибирск 2-6 октября 2018 г.

Результаты диссертационных исследований **доклаживались на научных конференциях, форумах:**

1. 17-ая Международные конференции молодых специалистов по микро/нанотехнологиям и электронным приборам (EDM 2016 г.), Новосибирский государственный технический университет, Эрлагол;

2. Семнадцатой научно-технической конференции «Электроприводы переменного тока», г. Екатеринбург, 26-30 марта 2018 г.;

3. 16-й Международной конференции «Актуальные проблемы электронного приборостроения» (АПЭП 2018), Новосибирск.

Личный вклад соискателя в опубликованных в соавторстве работах составляет не менее 60 % и состоит в подготовке и проведении исследований реальных объектов, анализе полученных результатов, разработке имитационных моделей и др., совокупный процент вклада соискателя в перечисленных опубликованных работах составляет не менее 75 %.

8. Общее заключение

Диссертация соответствует требованиям установленным в пп. 9 - 14 Положения «О присуждении учёных степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским (докторским) диссертациям и является законченной научно-квалификационной работой.

Диссертация «Способы повышения энергетической эффективности активных силовых фильтров» Токарева Вадима Геннадьевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.12 – Силовая электроника.

Заключение принято на расширенном заседании кафедры Электроники и электротехники Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет».

Присутствовало на заседании 23 чел, в том числе 4 докторов технических наук, 3 кандидата технических наук.

Результаты голосования: "за" – 23 чел., "против" – 0 чел., "воздержалось" – 0 чел., протокол расширенного заседания кафедры Электроники и электротехники № 7 от 04.06 2021 г.

Председатель расширенного заседания кафедры Электроники и электротехники:

доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой электроники и электротехники

Сергей Александрович Харитонов

Секретарь расширенного заседания кафедры Электроники и электротехники:

ученый секретарь кафедры Электроники и электротехники

Наталья Ивановна Нефедова

Подписи С.А. Харитонова и Н.И. Нефедовой заверяю.

Начальник отдела кадров ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»

Ольга Константиновна Пустовалова

