

ОТЗЫВ

официального оппонента к.т.н. Лопаткина Николая Николаевича на диссертацию **Токарева Вадима Геннадьевича** «Способы повышения энергетической эффективности активных силовых фильтров», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.12 – «Силовая электроника»

Актуальность темы диссертационной работы

По прогнозу Международного энергетического агентства электрическая энергия станет к 2050 году наиболее важным конечным энергоносителем, опережая нефтепродукты. Для повышения надежности электроэнергетических систем потребуется активное внедрение активно-адаптивных (интеллектуальных) электрических сетей, развитие распределенной интеграции и возобновляемых источников энергии, а также энергосберегающих и энергоэффективных технологий, при этом наиболее практичным считается применение активных силовых фильтров.

Существует много систем, созданных на базе активных силовых фильтров для улучшения качества, а также накопления и распределения электроэнергии. Следует отметить, что повсеместно растет потребность в более мощных и экономичных устройствах. Тема диссертация Токарева В.Г. направлена на повышение энергоэффективности активных силовых фильтров, что является актуальной и востребованной задачей в современных условиях.

Активные силовые фильтры на базе многоуровневых инверторов в параллельном включении являются наиболее перспективным решением, позволяющим за счет обилия ключевых состояний решать и задачу повышения энергетической эффективности, и задачу улучшения качества выходной энергии.

Новизна результатов работы определяется тем, что:

- в работе предложен алгоритм векторной ШИМ, который разработан с целью снижения циркуляционных токов и улучшения гармонического состава формируемого фазного тока для двух трехуровневых полупроводниковых преобразователей в параллельном включении;
- разработан новый алгоритм, направленный на улучшение эффективности компенсации высших гармоник тока параллельным АСФ в установившемся режиме работы;
- предложена новая методика вычисления коэффициента гармоник сетевого тока в реальном времени для микроконтроллеров, не имеющих аппаратной поддержки функций цифровой обработки сигналов.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы соискателя подтверждается компьютерным моделированием с использованием специально предназначенного для устройств силовой электроники программного обеспечения, численными расчетами, результатами экспериментальных исследований. Степень обоснованности достаточна для кандидатской диссертации.

Значимость полученных результатов для науки и производства

Результаты, полученные автором в ходе диссертационного исследования, могут быть применены при проектировании активных силовых фильтров, статических компенсаторов реактивной мощности, инверторов напряжения, построенных на многоуровневых топологиях с повышенной номинальной мощностью за счет параллельного включения полупроводниковых преобразователей.

Практическая значимость работы основана на том, что:

- алгоритмы и методики, предложенные в работе, могут быть реализованы не только при проектировании новых устройств, но и при модернизации парка уже существующих активных силовых фильтров, при этом улучшение их энергетических показателей может быть достигнуто только модификацией программного обеспечения;
- предложенная в работе аппаратная реализация контроллера векторной ШИМ для трехуровневого полупроводникового преобразователя на микросхеме программируемой логики

может быть реализована в составе вновь разрабатываемых специализированных микросхем для нужд силовой электроники.

Содержание диссертационной работы

Во вводной части диссертационной работы обосновывается актуальность избранной темы, формулируются цель и задачи исследования, представляются научная новизна и практическая значимость работы, перечисляются методы исследования и научные положения, выносимые на защиту, даются сведения о публикациях и личном вкладе автора в работу, а также описываются структура и объем диссертации.

В первой главе проведен обширный аналитический обзор по теме исследования. Рассмотрены различные способы снижения циркуляционных токов в параллельно включенных полупроводниковых преобразователях. Часть главы посвящена теоретическим основам построения систем управления для активных силовых фильтров – теории мгновенной активной и реактивной мощности, а также методу активных и реактивных компонент тока.

Во второй главе ставится задача синтеза алгоритма векторной широтно-импульсной модуляции, предназначенного для двух трехуровневых полупроводниковых преобразователей, включенных параллельно, для снижения циркуляционных токов и улучшения качества формируемого фазного тока. В процессе исследования анализируются различные комбинации состояний ключей с точки зрения величины циркуляционных токов и вклада в улучшение коэффициента гармоник фазного тока при их одновременной реализации. На основе приведенного анализа предложена новая последовательность комбинаций состояний ключей, реализация которой приводит к снижению циркуляционных токов при улучшении гармонического состава фазного тока, формируемого преобразователями.

Третья глава посвящена синтезу основанного на прогнозировании алгоритма для улучшения качества компенсации высших гармоник тока параллельным активным силовым фильтром. Кроме этого, в главе предложена методика вычисления коэффициента гармоник сетевого тока, предназначенная для системы управления активным силовым фильтром, а также способ подход, позволяющий повысить устойчивость синхронизации активного силового фильтра с распределительной сетью в условиях искажения фазных напряжений.

В четвертой главе содержатся описания разработанных в ходе исследования имитационных моделей, представлены результаты имитационного моделирования разработанных в ходе исследования алгоритмов в среде моделирования PSIM. Значительная часть главы содержит описание экспериментальной установки, представляющей собой прототип активного силового фильтра. На данной установке были практически реализованы предложенные в работе алгоритмы, и экспериментально подтверждена их эффективность.

Заключение к работе содержит основные результаты и выводы.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 10 работах (3 из которых в рецензируемых научных изданиях из списка ВАК) и неоднократно обсуждались на международных конференциях. По результатам исследования имеется один патент на полезную модель и 3 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Замечания по диссертационной работе:

1. Рассмотрен только один вид многоуровневых инверторов как базы АСФ – с фиксацией нейтральной точки (NPC), было бы уместно обобщение на другие топологии инверторов.
2. Рассмотрено поведение алгоритмов только в чистом, идеализированном виде, без учета мертвого времени и его компенсации.
3. Имеется опечатка в выражении формулы (1.4) на с. 22.
4. При заявленном наименовании пункта 1.4 «КПД трехуровневого полупроводникового преобразователя» реально рассмотрены только отдельные элементы потерь.

Заключение

Диссертация Токарева В.Г. является законченной научно-квалификационной работой. Научно-технические решения, которые применены в работе, имеют существенное значение для

развития области силовой электроники. Полученные в работе результаты позволяют квалифицировать их как новые, являются научно обоснованными и достоверными.

Автореферат и публикации автора соответствует основному содержанию диссертации.

Тема диссертации соответствует области исследований научной специальности 05.09.12 «Силовая электроника». По объему, актуальности, уровню научных и практических результатов диссертационная работа «Способы повышения энергетической эффективности активных силовых фильтров» соответствует требованиям к кандидатским диссертациям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013 г., а ее автор, Токарев Вадим Геннадьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 05.09.12 – «Силовая электроника».

Официальный оппонент, доцент кафедры математики, физики, информатики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный гуманитарно-педагогический университет им. В.М. Шукшина», кандидат технических наук



Лопаткин Николай Николаевич

659333, Россия, Алтайский край, г. Бийск,
ул. Владимира Короленко д. 53,
Тел. раб +7-3854-33-74-38,
email: nikolay_lopatkin@mail.ru

«13» декабря 2021 года

Подпись Лопаткина Н.Н. заверяю.
Начальник отдела кадров

Трусова Ю.Н.