

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной и
инновационной работе

ФГБОУ ВО «Магнитогорский
государственный технический
университет им. Г.И. Носова»,

д-р техн. наук, профессор

О.Н. Тулупов

«25» 11. 2021 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, на диссертационную работу Цзин Тао «Разработка методов расчёта и алгоритма смены предварительно запрограммированных широтно-импульсно модулируемых последовательностей переключений полупроводниковых модулей трёхфазного трёхуровневого активного выпрямителя напряжения с фиксирующими диодами», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.12 «Силовая электроника» в диссертационный совет Д 212.298.05 при ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)»

1. Актуальность работы

Трёхуровневые трёхфазные активные преобразователи напряжения с фиксированными диодами получили широкое распространение во многих областях промышленности и энергетики. Повышение эффективности их работы и качества преобразуемой электроэнергии, в основном, достигается посредством оптимизации алгоритмов широтно-импульсной модуляции полупроводниковых модулей. В настоящее время вопрос обеспечения электромагнитной совместимости данных преобразователей является актуальным.

Тема диссертационного исследования Цзин Тао связана с повышением энергоэффективности трехуровневых преобразователей частоты, с разработкой

универсальных методов расчёта предварительно запрограммированных широтно-импульсно модулируемых последовательностей переключений полупроводниковых модулей трёхфазного трёхуровневого активного выпрямителя напряжения с фиксирующими диодами, а также с реализацией их смены в процессе работы преобразователя. Выбранное направление исследования имеет существенные перспективы дальнейшего развития и находится в тренде проводимых исследований по всему миру. Об этом свидетельствует огромное количество публикации, связанных с решением различных вопросов в области электромагнитной совместимости и энергоэффективности многоуровневых полупроводниковых преобразователей.

В связи с вышесказанным, сделан вывод об актуальности диссертационной работы.

2. Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Достоверность научных результатов определяется корректностью поставленных задач, обоснованностью принятых допущений при разработке математического описания и достаточной сходимостью результатов математического моделирования с результатами экспериментальных исследований. Основные научные выводы и положения подтверждаются теоретическим анализом, результатами моделирования и экспериментальных исследований. Все выносимые на защиту научные положения являются обоснованными и не противоречат известным научным положениям.

3. Основные результаты диссертационной работы

Первым значимым результатом является предложенный метод расчёта предварительно запрограммированных ШИМ последовательностей переключений полупроводниковых модулей трёхфазного трёхуровневого преобразователя с фиксирующими диодами на основе метода роя частиц с возможностью получения нескольких последовательностей для любых схем подключения к питающей сети без необходимости перебора начальных углов переключений. Полученные теоретические результаты прошли проверку на адекватность путем сравнения результатов расчетов с результатами экспериментальных исследований в лабораторных условиях.

Вторым значимым результатом является разработанный метод расчёта предварительно запрограммированных ШИМ последовательностей переключений полупроводниковых модулей трёхфазного трехуровневого преобразователя с фиксирующими диодами для создания обладающей четвертьволновой симметрией формы напряжения на входе преобразователя при подавлении отдельных гармонических составляющих (selective harmonic mitigation). Особенностью данного алгоритма является возможность минимизировать количество коммутаций полупроводниковых ключей преобразователя в зависимости от требуемых коэффициентов индивидуальных гармонических составляющих напряжения или токов.

Третьим значимым результатом является разработанный алгоритм смены предварительно запрограммированных ШИМ последовательностей переключений полупроводниковых модулей трёхфазного трехуровневого преобразователя с фиксирующими диодами, позволяющего осуществить переключение между различными последовательностями углов переключений без изменения фазы напряжения на входе преобразователя и без бросков тока и дополнительных переключений в силовой цепи в момент переключения.

4. Новизна научных положений и значение выводов и рекомендаций для науки и практики:

- новизна предложенного автором метода расчёта предварительно запрограммированных последовательностей переключений полупроводниковых модулей трёхфазного трехуровневого преобразователя заключается в возможности получения различных последовательностей на основе метода роя частиц без необходимости перебора начальных углов переключений;

- новизна предложенного алгоритм смены предварительно запрограммированных последовательностей переключений полупроводниковых модулей трёхфазного трехуровневого преобразователя с фиксирующими диодами заключается в возможности осуществить переключение между различными последовательностями углов переключений во время работы преобразователя без изменения фазы напряжения на входе преобразователя и без бросков тока и дополнительных переключений в силовой цепи в момент переключения;

- практическая значимость результатов диссертационной работы заключается в оптимизации алгоритмов модуляции трёхуровневых преобразователей, обеспечивающая на их основе электромагнитную совместимость мощных потребителей и систем генерирования электрической энергии при малых средних частотах переключений полупроводниковых модулей.

5. Заключение о соответствии диссертации установленным критериям

Диссертационная работа имеет внутреннее структурное единство, изложена на 135 страницах машинописного текста, содержит 82 рисунка, 11 таблиц, 189 наименований цитируемой литературы.

Автореферат диссертации Цзин Тао соответствует диссертационной работе по цели, предмету, идеи и задачам исследования, основным научным положениям, новизне и практической ценности.

Тема, содержание и научные положения диссертации Цзин Тао соответствуют формуле и области исследования, приведенных в паспорте специальности 05.09.12, первое, второе и четвертое научные положения соответствует п. 5 (разработка научных подходов, методов, алгоритмов и программ, обеспечивающих адекватное отражение в моделях физической сущности электромагнитных процессов и законов функционирования устройств силовой электроники); третье научное положение соответствует п. 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) и п. 3 (оптимизация преобразователей, их отдельных, функциональных узлов и элементов).

Диссертационная работа Цзин Тао написана понятным языком, корректным в научном и техническом отношениях. Редакционное оформление диссертации замечаний не вызывает.

6. Соответствие содержания автореферата содержанию диссертации

Содержание автореферата полностью отражает текстовый материал диссертационной работы, полученные научные результаты, основные выводы и рекомендации.

7. Соответствие содержания диссертации содержанию опубликованных работ

Результаты исследования опубликованы в 11 печатных работах, которые включают 2 статьи в журналах, рекомендуемых ВАК РФ, 9 статей в изданиях, входящих в систему цитирования Scopus. В представленных публикациях достаточно полно отражены все основные положения, выводы и рекомендации диссертации.

8. Замечания и дискуссионные положения

1. Являются ли универсальными разработанные методы расчёта предварительно запрограммированных последовательностей переключений полупроводниковых модулей преобразователя? Если да, то каким образом возможна их адаптация под другие топологии?

2. Какие электрические и технологические параметры являются определяющими для выбора той или иной последовательности переключений ШИМ?

3. В Главе 3 диссертации показана возможность применить полученные последовательности переключений для автономных инверторов напряжения. Будет ли приемлем для данного объекта диапазон коэффициентам модуляции 0,7...0,9?

4. На рисунках 2.27 и 2.28 появляются 5 и 7 гармоники в спектре напряжения. В работе подробно не говорится о данном негативном факторе метода ШИМ с подавлением отдельных гармонических составляющих. Как это может повлиять на работу замкнутой системы управления активным выпрямителем?

5. Может ли повлиять изменение методов ШИМ на показатели качества системы автоматического управления выпрямителем?

Заключение

Диссертационная работа Цзин Тао «Разработка методов расчёта и алгоритма смены предварительно запрограммированных широтно-импульсно

