

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО

«Национальный исследовательский
университет «МЭИ»,
доктор технических наук, доцент


В.К. Драгунов

«22» декабря 2017 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу **Веприкова Антона Андреевича**
**«Обоснование структуры и параметров высокоэффективных
электротехнических комплексов для электропитания промышленных
потребителей постоянного тока большой мощности»**, представленной на
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

1. Актуальность темы диссертационной работы

Диссертационная работа Веприкова А.А. посвящена решению важной научно-технической задачи повышения энергоэффективности и электромагнитной совместимости с сетью преобразовательных комплексов мощных промышленных потребителей постоянного тока. На предприятиях металлургической промышленности применяются управляемые выпрямительные агрегаты на основе дросселей насыщения и силовых тиристоров, что обуславливает рост потребления реактивной мощности и искажений потребляемого из сети тока и питающего напряжения. Вследствие этого возникает необходимость увеличения установленной мощности силового электрооборудования (включая трансформаторы на главной понизительной подстанции), также возрастают расходы на электроэнергию и себестоимость продукции.

Современное развитие силовой полупроводниковой техники позволяет повысить эффективность электротехнических комплексов для питания мощ-

ных промышленных потребителей постоянного тока путём выполнения преобразователей на мощных полностью управляемых ключах (запираемые тиристоры, биполярные транзисторы с изолированным затвором). Возможности повышения эффективности преобразования электроэнергии в промышленных электротехнических комплексах среднего, крупного и особо крупного класса мощности за счёт использования активных преобразователей ранее подробно не рассматривались, в связи с чем выбранное автором направление исследований является актуальным.

2. Научная новизна диссертационной работы

Новизна разработанных автором научных положений определяется следующими результатами работы:

– доказано, что применение активных преобразователей в преобразовательных комплексах большой мощности обеспечивает минимизацию потребления реактивной мощности при стабилизации тока нагрузки с точностью 0,1-0,2 % от номинальной величины;

– установлено, что использование активных преобразователей позволит снизить установленную мощность трансформаторного оборудования за счёт отказа от устройств РПН на 20-40 % без уменьшения глубины регулирования напряжения нагрузки;

– предложена методика снижения гармонических искажений при работе группы активных выпрямителей за счёт рассинхронизации их коммутационных процессов путём фазового сдвига несущих сигналов ШИМ отдельных выпрямителей относительно друг друга.

3. Научные результаты

Основные результаты, полученные автором в процессе написания диссертационной работы, заключаются в следующем:

– выявлены зависимости числа секций в составе преобразовательного комплекса и количества активных преобразователей в составе секции от пол-

ной потребляемой мощности, коэффициента полезного действия и коэффициента мощности преобразовательного комплекса, максимальной выходной мощности модуля полупроводниковых ключей, количества параллельных модулей в одном преобразователе и коэффициента загрузки по току параллельного соединения модулей;

– разработана структура системы управления, выполняющей фазовую синхронизацию основных гармоник сетевого тока и напряжения и снижающей искажения их синусоидальности в точке подключения к электросети, путём рассинхронизации коммутационных процессов отдельных активных преобразователей, независимо от отклонений амплитуды и частоты питающего напряжения и технологических режимов нагрузки;

– получены зависимости коэффициентов суммарных гармонических искажений напряжения и тока в точке подключения преобразовательного комплекса к сети от числа преобразователей.

4. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и результатов

Достоверность полученных в работе научных положений, выводов и результатов подтверждается корректным использованием теории преобразовательной техники и силовой электроники, методов гармонического анализа, математического и имитационного моделирования с помощью пакета прикладных программ *Matlab Simulink*. Сходимость результатов проведённых теоретических и экспериментальных исследований составляет более 90 %.

5. Практическая ценность работы

1. Разработаны рекомендации по выбору структуры и параметров электротехнического комплекса с активными преобразователями для электропитания мощных промышленных потребителей постоянного тока при его коэффициенте мощности 0,95-0,98 независимо от режимов работы нагрузки.

2. Экспериментально подтверждена возможность реализации электро-

технических комплексов с активными преобразователями для питания промышленных потребителей мощностью до 0,5 МВА при параллельной работе до 90 активных преобразователей и силовых полупроводниковых ключей в их составе.

3. Реализована система управления электротехническим комплексом, осуществляющая управление энергопотреблением нагрузки постоянного тока большой мощности, при минимизации потребляемой реактивной мощности и уменьшении искажений синусоидальности потребляемого тока и питающего напряжения.

Рекомендации по использованию результатов работы. Результаты диссертационной работы могут быть рекомендованы к использованию в организациях, занимающихся проектированием преобразовательных электротехнических комплексов большой мощности. Разработанный преобразовательный комплекс с учетом некоторых доработок и дополнительных лабораторных испытаний может быть рекомендован к апробированию на промышленных предприятиях. Предложенные в диссертации рекомендации могут быть использованы при модернизации существующих преобразовательных подстанций металлургической промышленности (имеется акт внедрения результатов работы на предприятии ОАО «Технолит»). Методика расчёта параметров электротехнического комплекса с параллельной работой активных преобразователей может быть использована в учебном процессе подготовки бакалавров и магистров направления «Электроэнергетика и электротехника».

6. Оценка содержания диссертации и автореферата

Анализ содержания диссертационной работы Веприкова А.А. показал, что тема диссертации соответствует п.3 «Разработка, структурный и параметрический синтез электротехнических комплексов и систем, их оптимизация, а также разработка алгоритмов эффективного управления» и п.4 «Исследование работоспособности и качества функционирования электротехни-

ческих комплексов и систем в различных режимах, при разнообразных внешних воздействиях» паспорта специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы. В диссертации подробно раскрыты научные положения, вынесенные на защиту, предложенные решения новы и хорошо обоснованы. Структура диссертации обладает внутренним единством, текст написан хорошим техническим языком и, за исключением мелких неточностей, качественно оформлен. Автореферат диссертации достаточно полно отражает выполненные исследования и полученные результаты.

7. Замечания и пожелания по работе

1. Чем обусловлен и в каких пределах изменяется коэффициент токового дисбаланса $k_{дб}$ (стр. 38)?

2. Каким образом предполагается устанавливать величину коэффициента токового запаса k_3 (см стр. 38) параллельного соединения вентиляей?

3. В параграфе 3.5 приводится расчёт коэффициента полезного действия для преобразователя инверторного типа. В то же время аналогичный расчёт для активного преобразователя, рассматриваемого в четвёртой главе, не представлен. На основании чего автор делает вывод о повышенной энергоэффективности электротехнических комплексов с преобразователями активного типа в сравнении с уже используемыми решениями?

4. На рисунке 3.10 приведена зависимость искажения входного тока преобразователя от ёмкости батарей входного фильтра. Каким путём была получена данная зависимость?

5. На странице 87 упоминаются «схема преобразовательного блока с активным преобразователем и двойным преобразованием энергии» и «двухуровневая схема». В чём заключается достоинство двухуровневых преобразователей в электротехническом комплексе большой мощности?

6. Какие факторы в наибольшей мере влияют на выбор фазы несущего сигнала ШИМ (см стр. 111) для каждого выпрямителя?

7. Исследовалась ли работа предложенного преобразовательного комплекса в условиях несинусоидального питающего напряжения? На основании чего взят диапазон изменений параметров питающей сети, приведённый в выводах к четвёртой главе (стр. 114)?

8. Следует пояснить, почему при моделировании работы преобразователя не учитывались особенности его нагрузки, в частности постоянно меняющийся характер горения дуги печи.

9. В соответствии с рис. 4.16 увеличение числа активных выпрямителей в рамках преобразовательной секции влечет за собой рост уровней несинусоидальности тока и напряжения для двух типов ШИМ. Какое максимальное число блоков выпрямителей соответствуют предельно допустимому уровню несинусоидальности напряжения в соответствии с ГОСТ 32144-2013?

Указанные замечания носят частный характер и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы.

8. Заключение

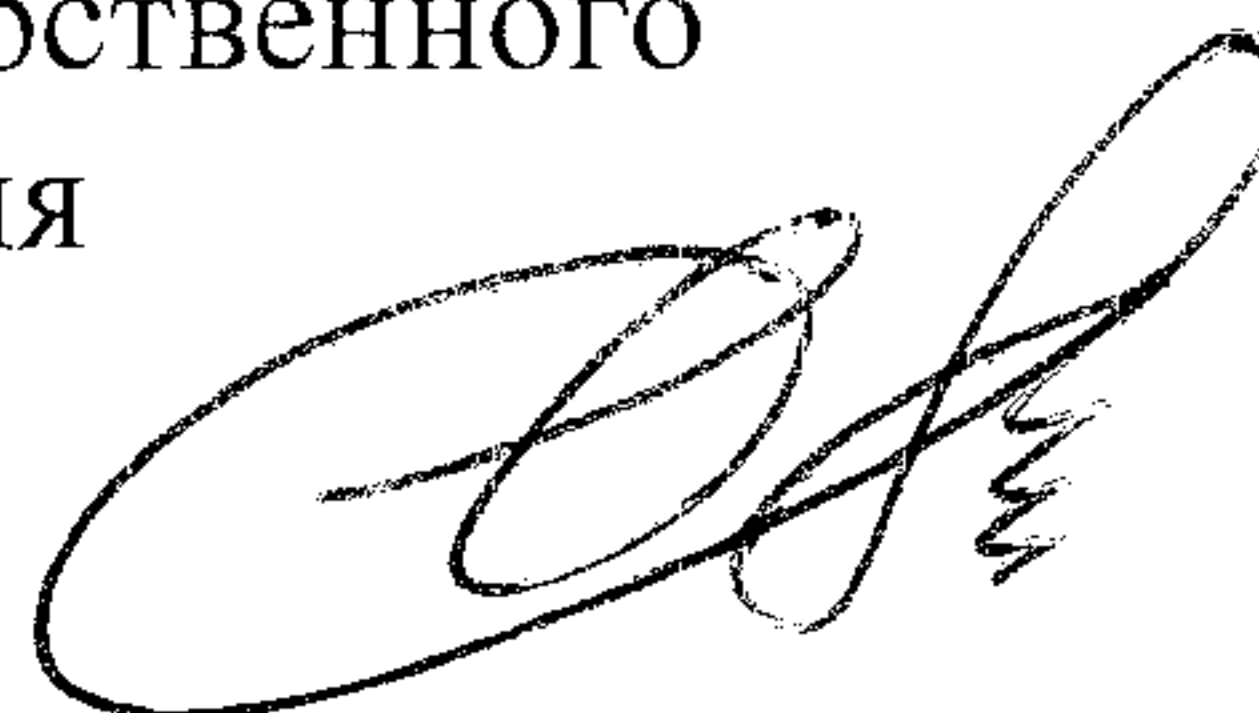
Диссертационная работа Веприкова А.А. на тему «Обоснование структуры и параметров высокоэффективных электротехнических комплексов для электропитания промышленных потребителей постоянного тока большой мощности» является завершённой научно-квалификационной работой, посвящённой решению актуальной научно-технической задачи повышения эффективности преобразовательных комплексов для электропитания мощных промышленных потребителей постоянного тока, имеющей существенное значение для обеспечения энергоэффективного электроснабжения потребителей и снижения себестоимости продукции на предприятиях металлургического и минерально-сырьевого комплекса. Диссертационная работа в полной мере удовлетворяет требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (утверждено Правительством Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842; изменения, утвержденные Правительством

Российской Федерации от 21 апреля 2016 года № 335), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор Веприков Антон Андреевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий и электротехнологий федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ», протокол № 4 от 21.12.2017.

Председатель заседания:

К.т.н., доцент, заведующий кафедрой
Электроснабжения промышленных предприятий и
электротехнологий федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Национальный
исследовательский университет «МЭИ»



Цырук Сергей
Александрович

Отзыв составлен:

К.т.н., доцент кафедры
Электроснабжения промышленных предприятий и
электротехнологий федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Национальный
исследовательский университет «МЭИ»



Янченко Сергей
Александрович

Почтовый адрес: 111250, Москва, Красноказарменная ул., д. 14.

Тел.: +7 (495) 362-75-60.

E-mail: universe@mpei.ac.ru.

Сайт: <http://www.mpei.ru>.