

УТВЕРЖДАЮ

Ректор ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»
А.Л. Шестаков
06 2018 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию Лавренова Александра Сергеевича

«Исследование и разработка вольтодобавочного каскада с многоуровневым регулированием напряжения для трансформаторной подстанции», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа посвящена решению задачи в области повышения качества напряжения в системе электроснабжения промышленного предприятия, в частности, компенсации отклонения напряжения в нагрузке.

Электроснабжающие компании имеют довольно протяжённые линии электропередач, что уже предполагает определённую неравномерность распределения действующего напряжения на всем её протяжении. Кроме этого величина отклонения напряжения изменяется от характера нагрузки самих потребителей, цикличности загрузки соседних по району предприятий, времени суток и года. Наложение этих факторов приводит к тому, что в течение дня, величина отклонения напряжения может выходить за пределы установленные стандартом.

Современные высокоточные обрабатывающие станки, роботизированные поточные линии и подобное этому высокотехнологичное электрооборудование предъявляет более жёсткие требования к стабильности и надёжности питающего напряжения, в которых диапазон допустимого отклонения действующего напряжения может находиться в диапазоне $\pm 5\%$ и менее. Поэтому предлагаемый статический регулятор каскадного типа, расположенный непосредственно вблизи потребителей является весьма актуальным.

Оценка структуры и содержания диссертации

Общий объём диссертации составляет 133 страницы, в которые входят введение, четыре главы, заключение, список сокращений и условных обозначений, список литературы, 100 иллюстраций, а также два приложения.

Во введении приведена актуальность темы диссертации и степень разработанности исследований по данному направлению, сформулированы цели и задачи для создания предлагаемого устройства, определена научная новизна и практическая значимость работы, объект, предмет и методы исследования, представлены выносимые на защиту положения, обоснована достоверность научных результатов, перечислены материалы исследований подтверждающих апробацию работы. Обоснована необходимость в предлагаемом каскадном устройстве стабилизации напряжения.

Первая глава посвящена анализу существующих способов и устройств регулирования напряжения, применяемых на трансформаторных подстанциях промышленных предприятий. В частности, рассмотрены такие устройства, как трансформаторы с регуляторами напряжения под нагрузкой (РПН), трансформаторы с переключением без возбуждения (ПБВ), автотрансформаторы (АТ), вольтодобавочные трансформаторы (ВДТ), трансформаторы с подмагничиванием магнитопровода. Определены достоинства и недостатки устройств коммутации напряжения механического, тиристорно-механического типа и их аналогов на полностью управляемых полупроводниковых элементах. Проведена сравнительная оценка регуляторов напряжения как отечественного, так и зарубежного производства. В заключение главы сделаны выводы по тенденции развития устройств подобного типа.

Во второй главе рассмотрены примеры реализации многоуровневого напряжения на полностью управляемых полупроводниковых элементах по известным схемам и специальным алгоритмам управления. С учётом достоинств и недостатков алгоритмов формирования многоуровневого напряжения, для предлагаемой силовой ячейки вольтодобавочного каскада, автором был выбран 150-градусный алгоритм управления. Предложена общая структура системы ВДК-ТП. Приведено математическое описание способов регулирования напря-

жения с учётом работы двух вольтодобавочных устройств. В заключение главы сделаны выводы по особенностям работы вольтодобавочного каскада для каждого способа регулирования напряжения.

В третьей главе описан процесс разработки и исследования имитационной модели вольтодобавочного каскада в составе трансформаторной подстанции с двумя вольтодобавочными устройствами. Разработка модели осуществлена в графической среде Simulink. Проведено исследование режимов работы системы ВДК-ТП. Определены динамические характеристики каскада. На имитационной модели системы подтверждена работоспособность предложенных способов регулирования напряжения. Реакция системы ВДК-ТП на монотонное возрастание напряжения в диапазоне $\pm 10\%$ от номинального значения действующего напряжения показала, что этот процесс происходит в течение 2,6 с, при этом отклонение напряжения на нагрузке не превысило диапазон $\pm 0,7\%$, что является довольно хорошим показателем в сравнении с существующими стабилизаторами механического или подмагничивающего типа. Кроме этого, стоит отметить низкий коэффициент несинусоидальности напряжения, который во всем диапазоне регулирования не превышает 0,8 %. Регулировочная характеристика имеет линейный характер.

Четвертая глава посвящена разработке действующего макета системы ВДК-ТП. Построение макета осуществлено согласно функциональной схеме имитационной модели. Реализация системы управления (СУ) выполнено на базе микроконтроллера STM32F4. Построение блочно-модульной программы СУ и преобразование её в программный код выполнен с помощью встроенных модулей среды Matlab. В качестве силовых ключей использованы трёхфазные IPM IGBT модули Mitsubishi PS12018-A. Полученные экспериментальные данные показали идентичность происходящих процессов, как и в имитационной модели системы. Получено подтверждение работоспособности системы ВДК-ТП в целом.

В заключении сформулированы основные выводы по результатам диссертационной работы.

Приложения. Первое приложение содержит альбом осциллограмм добавочного многоуровневого фазного напряжения в случае функционирования одного и двух ВДУ, осциллограммы выходного напряжения ВДК при отказе одной силовой ячейки. Во втором приложении представлены копии актов внедрения.

Соответствие содержания диссертации заявленной специальности

Диссертация соответствует специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы», так как содержит основные положения «Области исследований»:

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. «Разработка, структурный и параметрический синтез электротехнических комплексов и систем, их оптимизация, а также разработка алгоритмов эффективного управления».
3. «Исследование работоспособности и качества функционирования электротехнических комплексов и систем в различных режимах, при разнообразных внешних воздействиях».

Соответствие автореферата содержанию диссертации

Рукопись автореферата в полной мере отражает краткое содержание диссертационной работы. Оформление автореферата соответствует требованиям ГОСТ Р. 7.0.11 – 2011 и «Положения о присуждении учёных степеней».

Степень обоснованности научных приложений и выводов, сформулированных в диссертации

Обоснование научной новизны и выводов, сформулированных в диссертации, обеспечивается применением теории электрических цепей, микроэлектроники, программирования и соответствием результатов имитационного моделирования с экспериментальными данными, полученными на действующем макете системы ВДК-ТП.

Достоверность и новизна полученных результатов

Достоверность научных положений подтверждена имитационным и физическим моделированием работы системы ВДК-ТП.

Научная новизна диссертационной работы заключается в том, что:

На разработанной имитационной модели определены алгоритмы управления ИН для улучшения формы добавочного напряжения в системе ВДК-ТП.

Предложены способы регулирования переменного напряжения в системе ВДК-ТП с улучшенными энергетическими показателями.

Создана программно-аппаратная часть системы управления на основе предложенных алгоритмов и способов для ВДК-ТП.

Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Теоретическая и практическая значимость заключается в том, что:

предложено техническое решение для построения ВДК-ТП стабилизирующего напряжение у потребителей через регулирование напряжения на высокой стороне подстанции;

разработана имитационная модель ВДК-ТП;

в среде Matlab разработано программное обеспечение системы управления для микроконтроллера STM32F4;

- построен действующий макет ВДК-ТП;

новизна технических решений подтверждается свидетельством на программу ЭВМ, патентом на изобретение и полезную модель;

применение вольтодобавочного каскада на трансформаторной подстанции позволяет компенсировать отклонение напряжения с высокой точностью и быстродействием;

- результаты исследовательской работы внедрены в учебный процесс кафедры «Промышленная электроника» КнАГУ для подготовки магистров, а также используются энергослужбой ПАО «Компания «Сухой» «КнААЗ им. Ю. А. Гагарина» при разработке конструктивных решений в рамках выполнения работ по повышению качества напряжения и снижения потерь электроэнергии на трансформаторных подстанциях завода.

Замечания по диссертации

1. Для систем электроснабжения свойственны несимметричные режимы работы, однако, в диссертации этот вопрос не рассмотрен.
2. Нет схемы привязки ВДК к штатной схеме ТП. Не определён порядок размещения элементов ВДК.
3. Не определён порядок включения элементов системы ВДК-ТП.
4. Нет уравнений, описывающих электромагнитные процессы системы ВДК-ТП.
5. Не понятно, на какие мощности возможно применение данного каскада.

Приведённые замечания не снижают общую положительную оценку диссертационной работы.

По результатам обсуждения диссертации Лавренова А.С. «Исследование и разработка вольтодобавочного каскада с многоуровневым регулированием напряжения для трансформаторной подстанции», принято следующее заключение.

Заключение о соответствии диссертации критериям

«Положения о присуждении учёных степеней»

Информация, полученная от системы «Антиплагиат» свидетельствует о том, что диссертация Лавренова А. С. написана самостоятельно. В научно-квалификационной работе даны новые обоснованные технические решения, имеющие существенное значение для систем электроснабжения промышленных предприятий. Полученные результаты имеют аргументацию и сравниваются с другими известными способами и устройствами регулирования напряжения. Научные и практические результаты могут быть рекомендованы для решения задачи компенсации отклонения напряжения в сетях с напряжением от 6 кВ и выше.

Результаты работ опубликованы в 11 печатных работах, две из которых входят в перечень научных изданий, рекомендованных ВАК, одно свидетельство на программу для ЭВМ, патент на изобретение и полезную модель. Также

следует отметить, что данное исследование выполнялось в рамках гранта молодёжного научно-инновационного конкурса.

Приведённые в диссертации материалы работ, полученные не автором, имеют соответствующие ссылки на источники заимствования.

Диссертационная работа по степени научной новизны и практической значимости соответствует требованиям «Положения о присуждении учёных степеней», а её автор Лавренов Александр Сергеевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 - «Электротехнические комплексы и системы».

Отзыв подготовила доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Электрические станции, сети и системы электроснабжения» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Ирина Михайловна Кирпичникова.

Диссертация и отзыв обсуждены на заседании кафедры «Электрические станции, сети и системы электроснабжения» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» (протокол № 8 от «07» июня 2018 г.).

Кирпичникова Ирина Михайловна
составитель отзыва, зав. кафедрой
«Электрические станции, сети и
системы электроснабжения»,
ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»
доктор техн. наук, профессор
Рабочий телефон: (351) 267-98-94
E-mail: kirpichnikovaim@susu.ru
454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 76

