

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 999.086.03,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «КОМСОМОЛЬСКИЙ-НА-АМУРЕ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ», ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»,
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ», ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 2 июля 2018 г. № 33

О присуждении Лавренову Александру Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Исследование и разработка вольтодобавочного каскада с многоуровневым регулированием напряжения для трансформаторной подстанции» по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы» принята к защите 18 апреля 2018 г., протокол заседания № 30 диссертационным советом Д 999.086.03, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет», Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный государственный университет путей сообщения», Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Амурский

государственный университет», 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, д. 27, созданный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 773/нк от 24 июня 2016 г.

Соискатель Лавренов Александр Сергеевич 1990 года рождения, в 2013 году окончил «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет» с присуждением квалификации магистра по специальности «Электроника и наноэлектроника». В 2017 году закончил очную аспирантуру при ФГБОУ ВО «КнАГТУ». В настоящее время работает инженером электрорадионавигационного оборудования в цехе окончательной сборки № 7 Филиала публичного акционерного общества «Авиационная холдинговая компания «СУХОЙ» «Комсомольский-на-Амуре авиационный завод имени Ю.А. Гагарина».

Диссертация выполнена на кафедре «Промышленная электроника» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет».

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор Клиماش Владимир Степанович, профессор кафедры «Промышленная электроника» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет».

Официальные оппоненты:

Мельниченко Олег Валерьевич, доктор технических наук, профессор, Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный университет путей сообщения», заведующий кафедрой «Электроподвижной состав»;

Константинов Андрей Михайлович, кандидат технических наук, Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный государственный университет путей сообщения», доцент кафедры «Системы электроснабжения» дали

положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» г. Челябинск, в своем положительном отзыве, подписанным Кирпичниковой Ириной Михайловной, доктором технических наук, профессором, заведующей кафедрой «Электрические станции, сети и системы электроснабжения» и утвержденным доктором технических наук, профессором Шестаковым Александром Леонидовичем, ректором ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», указала, что диссертационная работа по степени научной новизны и практической значимости соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор Лавренов Александр Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 - «Электротехнические комплексы и системы».

Соискатель имеет 11 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 8 работ, две из которых опубликованы в научных изданиях рекомендованных ВАК РФ, 6 в научно-технических журналах и сборниках, один патент на изобретение и полезную модель, одно свидетельство на программу для ЭВМ. Общий объем публикаций по теме диссертации 2,25 п.л., авторских – 1,2 п.л.

Наиболее значимые работы:

1. Климаш, В. С. Многоуровневое регулирование напряжения трансформаторной подстанции / В.С. Климаш, А.С. Лавренов // Электротехнические системы и комплексы. – 2017. – № 1 (34). – С. 10 –16.
2. Климаш, В. С. Теоретические и экспериментальные исследования вольтодобавочного каскада для системы электроснабжения / В.С. Климаш, А.С. Лавренов // Известия ТулГУ. – 2017.– № 5. – С. 346 – 353.
3. Система 150-градусного управления ведомым инвертором напряжения

с широтно-импульсной модуляцией: пат. 135862 Рос. Федерация: МПК Н02М7/539./ Климаш В.С., Лавренов А.С.; заявитель и патентообладатель Комсомольский-на-Амуре гос. техн. ун-т. – №2013121213/07; заявл. 07.05.2013; опубл. 20.12.2013, Бюл. №35.– 8 с: ил.

4. Устройство для формирования сигнала специальной формы: пат. 2570032 Рос. Федерация: МПК Н03К4/92. / Климаш В.С., Лавренов А.С., Коротков И.И.; заявители и патентообладатели Климаш В.С., Лавренов А.С. – № 2014126993/07; заявл. 01.07.2014; опубл. 10.12.2015, Бюл. № 34.– 7 с: ил.

5. Модель вольтодобавочного каскада с многоуровневым напряжением в среде Matlab: свид. 2016611781 Рос. Федерация / Климаш В.С., Лавренов А.С.; заявитель и патентообладатель Комсомольский-на-Амуре гос. техн. ун-т. – № 2015619802; заявл. 16.10.2015; опубл. 20.03.2016, Бюл. №3. – 10 с.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы (все положительные):

1. Отзыв ведущей организации Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», подписанный доктором технических наук, профессором Кирпичниковой Ириной Михайловной, заведующей кафедрой «Электрические станции, сети и системы электроснабжения» и утвержденным доктором технических наук, профессором Шестаковым Александром Леонидовичем, ректором ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)». Замечания: 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 определен порядок размещения элементов ВДК. 3) Не определен 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.

2. Отзыв официального оппонента, заведующего кафедрой «Электроподвижной состав» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный университет путей сообщения», доктора технических наук, профессора Мельниченко Олега Валерьевича. Замечания: 1) При описании формирователей многоуровневого напряжения использован термин "приемлемый" коэффициент несинусоидальности формируемого напряжения. Не понятно, что подразумевается под данным термином? 2) Силовая схема в автореферате отражена во второй главе, а в диссертации в третьей. 3) В имитационных моделях на рисунках 60, 62 не ясен смысл применения блока БСН, так как в этом эксперименте нет необходимости в синхронизации с частотой сети. 4) Имитационные модели, представленные на рисунках 60, 62 и 70 включают в себя блоки УИ, БУС и ФСУ, но по внешнему виду и описанию выполняют одну и ту же функцию. 5) Нет конкретного вывода по форме тока нагрузки при работе системы ВДК-ТП. Так на странице 85 в третьем абзаце автор утверждает, что результирующая форма напряжения на входе СТ «не влияет на форму тока нагрузки», в то же время на странице 90 в четвертом пункте вывода указывает, что искажения тока в нагрузке «практически отсутствуют». 6) На странице 86 отмечено, что добавочное напряжение имеет «одинаковую форму» во всем диапазоне регулирования, однако осциллограммы в Приложении А показывают, что форма добавочного напряжения изменяется во всем диапазоне. 7) На рисунке 75 показана внешняя характеристика системы ВДК-ТП, но не ясно при каких условиях она получена. 8) В работе не представлены сведения об устойчивости системы при подключении ВДК к ТП. 9) Какие датчики обратной связи используются на имитационной модели системы ВДК-ТП?

3. Отзыв официального оппонента, доцента кафедры «Системы электроснабжения» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный

государственный университет путей сообщения», кандидата технических наук, Константинова Андрея Михайловича. Замечания: 1) При проведении анализа способов и устройств регулирования напряжения для устройств с подмагничиванием магнитопровода автор приводит значение коэффициента полезного действия (КПД) равное от 0,8 до 0,95, однако нет пояснений, с чем связан такой значительный разброс этого показателя, кроме этого коэффициент со значением 0,95 в работе отнесен к критерию «низкий», однако это обстоятельство выглядит необоснованным. Сравнительная оценка по данному показателю для аналогичных устройств регулирования и стабилизации напряжения в работе не представлена. 2) Раздел главы, где приводится «Теоретическое обоснование и описание принципов формирования многоуровневого напряжения» корректнее было бы отнести к первой главе с названием «Анализ существующих способов формирования многоуровневого напряжения». А вторую главу посвятить разработке способов регулирования напряжения вольтодобавочным каскадом (ВДК) с учетом структурных особенностей схемы ВДК. 3) В работе (стр.58) автор предлагает применять для получения импульсов управления при ШИМ-регулировании трехфазный сигнал специальной формы, при суммировании синусоиды с прямоугольным сигналом совпадающих частот, однако не совсем ясно для какой цели рассматривается данный способ, ведь автором в начале работы указывается, что будет выбран 150-градусный алгоритм управления, как наиболее близко аппроксимирующий синусоидальный сигнал напряжения. В работе отсутствует упоминание о данном способе управления применительно к ВДК. 4) Из работы не ясно представленные значения коэффициента несинусоидальности напряжения (K_n) в процессе стабилизации напряжения на нагрузке (рис. 73) получены для режима вольтодобавки или вольтовывчета? 5) Для большей наглядности следовало бы привести внешнюю характеристику, изображенную на рис. 75 без действия устройства и с устройством. 6) Автор оставляет без объяснений ступенчатый характер изменения амплитуды добавочного напряжения ВДК при изменении динамических процессов, что ставит под сомнение "абсолютную" линейность регулировочной характеристики представленной на рис. 74.

7) Согласно структурной схемы для функционирования ВДК необходим дополнительный источник постоянного напряжения, причем в диссертации не рассмотрен вопрос потребляемой мощности инверторами напряжения и не ясно хватит ли мощности источника для работы ВДК, поэтому этот вопрос не достаточно проработан. 8) В выводах присутствует пункт результаты теоретического и экспериментального исследования согласуются с приемлемой точностью, однако непосредственно самой величины численной оценки в работе не представлено. 9) Утверждение на стр. 90 о том, что практически отсутствуют искажения тока в нагрузке не совсем обоснованы, вследствие отсутствия данных оценки коэффициента искажения тока нагрузки в процессе регулирования напряжения.

4. Отзыв на автореферат Харламова Виктора Васильевича, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Электрические машины и общая электротехника» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Омский государственный университет путей сообщения», г. Омск. Замечание: из текста автореферата не ясно, на какую величину снижается КПД трансформаторной подстанции при подключении к ней вольтодобавочного каскада?

5. Отзыв на автореферат Лимонова Леонида Юрьевича, начальника Электроцеха ООО «Торекс - Хабаровск», г. Комсомольск-на-Амуре. Замечание: согласно описанию системы ВДК-ТП, увеличение мощности каскада возможно за счет включения дополнительных ВДУ, но при этом нет пояснения, изменятся ли способы регулирования напряжения в этом случае?

6. Отзыв на автореферат Евстафьева Андрея Михайловича, кандидата технических наук, заведующего кафедрой «Электрическая тяга» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Петербургского государственного университета путей сообщения», г. Санкт-Петербург. Замечание: автор заявил о высоком быстродействии ВДК, но не дал пояснения, от каких элементов системы оно будет зависеть и почему?

7. Отзыв на автореферат Гуляева Александра Викторовича, главного инженера проекта ООО «Управляемая Энергия», г. Хабаровск. Замечание: дано некорректное понятие «коэффициент несинусоидальности результирующего напряжения», отсутствующего в ГОСТ 523144 – 2013, на которое автор ссылается на стр. 18 автореферата.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается компетентностью официальных оппонентов в соответствующей отрасли науки, наличием у них публикаций по теме диссертационной работы и сферы исследования, широкой известностью ведущей организации своими достижениями в соответствующей отрасли науки и способностью определить научную и практическую ценность диссертационной работы, наличием их согласия.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны способы 12-ти уровневого регулирования трехфазного напряжения, обеспечивающие повышение частоты модуляции по отношению к частоте коммутации ключей в число кратное числу фаз, что при регулировании напряжения в пределах $\pm 10\%$ позволяет достичь высокого качества напряжения с коэффициентом несинусоидальности не превышающего 0,8 %;

предложен новый подход при стабилизации напряжения на высоковольтной стороне трансформаторной подстанции, состоящего в использовании каскадного построения системы на основе вольтодобавочных трансформаторов с IGBT модулями;

доказана перспективность применения системы ВДК для трансформаторных подстанций, на основе каскадного принципа построения с транзисторным регулированием;

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано, что на основе регулируемых по фазе комплексно сопряженных векторов и арккосинусном построении системы управления ВДК,

регулирование переменного напряжения на высокой стороне ТП происходит по линейному закону;

использована теория электрических цепей, микроэлектроники, имитационного моделирования, программирования и данных экспериментальных исследований;

изложены принципы построения вольтодобавочного каскада с многоуровневым регулированием напряжения;

раскрыты особенности формирования и регулирования сигналов управления для ключей инверторов напряжения и вольтодобавочных устройств каскада, заложенные в алгоритм работы системы управления;

изучены физические процессы ВДК с двумя вольтодобавочными устройствами в статических и динамических режимах;

проведена модернизация имитационной модели ВДК-ТП в среде Matlab позволяющая упростить реализацию системы управления ВДК для процесса стабилизации напряжения у потребителей, при изменении напряжения в сети с разной интенсивностью в пределах $\pm 10\%$ от номинального значения.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработан и внедрен экспериментальный макет системы ВДК-ТП в учебный процесс кафедры «Промышленная электроника» КнАГУ для подготовки магистров, обучающихся по направлению 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»;

результаты исследований приняты энергослужбой ПАО «Компания «Сухой» «КнААЗ им. Ю. А. Гагарина» в перспективный план развития системы электроснабжения завода;

работа выполнена в рамках гранта № 5683ГУ1/2014 молодежного научно-инновационного конкурса;

определены пределы переключения обмоток трансформатора без возбуждения (ПБВ) на основании исследований условий работы каждой конкретной подстанции с сохранением диапазона регулирования $\pm 10\%$;

создан перечень практических рекомендаций при эксплуатации ВДК;
представлены рекомендации и предложения по дальнейшему совершенствованию вольтодобавочного каскада.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ использовалось сертифицированное оборудование и поверенные в установленном порядке измерительные приборы. Аналитические исследования выполнялись с применением современных методов исследования. Показана воспроизводимость результатов экспериментального исследования и их совпадение с результатами имитационного моделирования в среде Matlab/Simulink;

теория построена на фундаментальных законах электротехники, методах расчета электрических цепей, теории регулирования и управления;

идея базируется на обобщении и анализе устройств регулирования трехфазного напряжения на трансформаторных подстанциях;

использованы данные теоретических и экспериментальных исследований в области повышения качества напряжения;

установлено качественное и количественное совпадение результатов диссертационной работы с результатами, представленными в публикациях в открытых источниках;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации.

Личный вклад соискателя состоит в:

анализе средств и способов регулирования напряжения на трансформаторных подстанциях с выявлением их недостатков;

разработке способов регулирования и алгоритма формирования многоуровневого добавочного напряжения с улучшенным быстродействием и гармоническим составом;

разработке программного обеспечения для системы управления ВДК-ТП;

построении имитационной модели системы ВДК-ТП в среде Matlab;

изготовлении макета системы ВДК-ТП;

обработке и интерпретации результатов полученных на имитационной модели и экспериментальном макете системы ВДК-ТП;

На заседании 2 июля 2018 года диссертационный совет принял решение присудить Лавренову А.С. учёную степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 9 докторов наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы», участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 16, против 2 недействительных бюллетеней 0.

Председатель
диссертационного совета
д.т.н., профессор

Ученый секретарь
диссертационного совета
к.т.н., доцент

2 июля 2018 г.

Соловьев Вячеслав Алексеевич

Гудим Александр Сергеевич

