

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе ДВФУ

А.С. Самардак

«16» _____ 2020 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный федеральный университет» (ДВФУ) на диссертационную работу Климаша Степана Владимировича на тему: «Разработка и исследование компенсатора реактивной мощности со стабилизацией напряжения цеховой трансформаторной подстанции», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

На отзыв представлены рукопись и автореферат диссертации «Разработка и исследование компенсатора реактивной мощности со стабилизацией напряжения цеховой трансформаторной подстанции».

Диссертация С.В. Климаша посвящена разработке и исследованию компенсатора реактивной мощности со стабилизацией напряжения цеховой трансформаторной подстанции (ТП).

Актуальность темы диссертации. Применение современных технологий и новейших систем автоматизации в отечественной промышленности ставит новые требования к качеству электроэнергии и надежности электроснабжения предприятий. Электроэнергия рассматривается как товар и продукт потребления и должна соответствовать нормам качества.

Вследствие значительной протяженности линий электропередач от электростанций к потребителям и многоэтапной трансформации электроэнергии особенное значение имеет поддержание норм качества электроэнергии непосредственно на вводах потребителей электроэнергии. Решение этой задачи предлагается соискателем именно на уровне напряжения 6-10 кВ на понижающих подстанциях предприятия. Большинство крупных потребителей требуют надежного поддержания установленного уровня

напряжения на их вводах, поскольку другие критерии (форма и частота напряжения) больше влияют на потери энергии в линиях электропередач.

Так что вопрос разработки электротехнических комплексов (особенно с микропроцессорными системами управления) для регулирования напряжения и одновременного создания удовлетворительного режима системы электроснабжения по реактивной мощности, является актуальным как с технической точки зрения, что обеспечит гибкость в решении поставленных задач, так и с экономической стороны, поскольку присутствует направление на уменьшение потерь электроэнергии, и улучшения ее качества. Диссертационная работа направлена на комплексное решение этих задач.

Структура и содержание диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений. Полный объём диссертации составляет 116 страниц машинописного текста, включая 68 рисунков и таблицу. Список литературы содержит 51 наименование.

Во **введении** рассмотрено состояние проблемы повышения энергетической эффективности, обоснована актуальность и значимость выбранной темы диссертации, сформулированы цели, определены практическая ценность и научная новизна работы.

В **первой** главе исследовано современное состояние проблемы повышения качества электроэнергии, выполнен анализ способов и средств стабилизации напряжений и компенсации реактивной мощности, обосновано их использование, сформулированы пути решения проблемы повышения качества электроэнергии.

Вторая глава посвящена разработке на основе научно-технических исследований схемных решений отдельных компонентов и в целом компенсаторов реактивной мощности со стабилизацией напряжения (КРМСН) в составе ТП. Предложены принципы построения КРМСН, улучшающие энергетические показатели устройства, для реализации которых разработан алгоритм формирования и регулирования модуля и аргумента вектора добавочного напряжения по величине и знакам сигналов с датчиков отклонения напряжения нагрузки и реактивной мощности сети. Рассмотрен способ и оригинальный электронно-электрический аппарат для подключения конденсаторов к трехфазной сети. Показано, что новые технические решения обеспечивают плавный заряд конденсаторов по экспоненциальному закону за счет естественных свойств схемы с одновременным формированием в процессе заряда синусоидальной формы

напряжения и тока. В главе приведено техническое решение для защиты преобразователя от перенапряжений со стороны обмотки высокого напряжения вольтодобавочного трансформатора при включениях и отключениях устройства без перерыва электроснабжения.

Третья глава посвящена разработке элементов модели в среде MATLAB, позволяющих реализовать исследования оригинальной системы компенсации реактивной мощности со стабилизацией напряжения в составе ТП с предложенным алгоритмом управления, точно оценить энергетические показатели. В данном случае именно моделирование позволит в режиме реального времени создать имитацию возможных режимов работы как КРМСН, его компонентов, системы управления, так и участка энергосистемы, в котором рассчитывается установка.

В **четвертой** главе описано исследование особенностей работы вольтодобавочного трансформатора от инвертора напряжения с широтно-импульсной модуляцией в цепи высокого напряжения, исследование работы управляемого выпрямителя с целью выявления особенностей энергообмена для дальнейшего управления им. Проведено исследование пускателя конденсаторов.

В **пятой** главе приведены диаграммы распределения активной, реактивной и полной мощностей с их численными значениями при различных режимах работы ТП, показан энергообмен в системе КРМСН-ТП между электронными и электромагнитными преобразователями при трансформации электрической энергии. Дана оценка энергетическим показателям, показано снижение потерь в ЛЭП в результате применения системы КРМСН-ТП.

В **заключении** сформулированы основные результаты и выводы по диссертационной работе.

Поставленная автором цель и задачи решены в полной мере и отражены в соответствующих главах диссертации. Диссертация выполнена на высоком научно-исследовательском уровне, написана технически грамотным языком, имеет логическую и связанную структуру. Изложенные материалы сопровождаются достаточным количеством иллюстраций. Диссертация автора является завершенной научно-квалификационной работой.

Соответствие содержания диссертации заявленной специальности. Объектом исследования является электротехнический комплекс, включающий в себя ТП промышленного предприятия под нагрузкой, батарею косинусных конденсаторов, вольтодобавочный трансформатор и

транзисторный преобразователь фазы с двухсторонним обменом энергией через звено постоянного напряжения.

Предметом исследования являются: разработка принципов построения КРМСН, алгоритма формирования и регулирования модуля и аргумента вектора добавочного напряжения; оценка перетоков полной, активной и реактивной мощностей и энергетических показателей в системе КРМСН-ТП во основных возможных режимах работы.

Тема и содержание диссертации по объекту и предмету исследования соответствует заявленной специальности 05.09.03 –Электротехнические комплексы и системы.

Соответствие автореферата диссертации ее содержанию. Автореферат диссертации Климаша С.В. соответствует содержанию диссертационной работы по всем квалификационным признакам: по цели, задачам исследования, основным положениям, актуальности, научной новизны, практической значимости.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Основными научными результатами диссертационной работы являются: предложенные принципы построения КРМСН, обеспечивающие регулируемую генерацию или потребление реактивной энергии с одновременной стабилизацией напряжения у потребителей без искажения инвертором и выпрямителем тока в трансформаторах и сети; разработанный алгоритм формирования и регулирования модуля и аргумента вектора добавочного напряжения по информации о величине и знаке сигналов от датчиков реактивной мощности сети и датчика отклонения напряжения на нагрузке, позволяющий обеспечить прямую полную компенсацию реактивной энергии сети с одновременной стабилизацией напряжения у потребителей электроэнергии независимо от жесткости внешней характеристики сети, а также величины и характера нагрузки; предложенный способ регулируемого подключения конденсаторов к трехфазной сети при помощи диодного выпрямителя и реактора, обеспечивающий плавность заряда конденсаторов с формированием в процессе заряда синусоидальной формы напряжения и тока; комплекс программ в среде MATLAB и математическая модель КРМСН на основе разработанных силовых транзисторных модулей и микроселектронных модулей, их систем управления с применением разработанных специализированных измерительных модулей и результаты выполненных на основе этого комплекса программ исследований функционирования КРМСН в установившихся и переходных режимах.

Степень обоснованности научных положений, выводов, и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечивается корректным применением теории электрических цепей, математической статистики и соответствующим обоснованием полученных результатов исследований.

Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации заключается в: разработанном новом устройстве КРМСН; предложенных модулях (силовых, управления и измерительных), на основе которых разработан комплекс программ для исследования установившихся и переходных режимов работы КРМСН; предложенном техническом решении, которое при включениях и отключениях регулируемой системы КРМСН обеспечивает защиту ВДТ и ТПФ от перенапряжений и бесперебойную работу ТП; предложенном новом быстродействующем электронно-электрическом пускателе конденсаторов, обеспечивающем плавное и симметричное нарастание напряжения и тока заряда конденсаторов.

К основным замечаниям по диссертации необходимо отнести следующие:

- при разработке и исследовании системы КРМСН представляется целесообразным ее сопоставление с другими известными системами;
- из содержания работы неочевидно, каким образом при помощи реактора и неуправляемых выпрямителей производится регулируемый пуск трехфазного электрооборудования, в частности батарей конденсаторов;
- не достаточно рассмотрен вопрос возможного превышения загрузки силового трансформатора выше нормируемых показателей при подключении преобразователя фазы к вторичной цепи цеховой ТП;
- при определении варианта регулирования выходного напряжения инвертора в качестве приоритетного принято фазовое регулирование выходного напряжения инвертора с ШИМ без приведения необходимых и достаточных критериев;
- при исследовании динамических режимов наряду с результатами, полученными для внешнего воздействия на напряжение сети при фиксированных значениях параметров нагрузки следовало бы также привести результаты исследований для изменяющихся нагрузок, если они проводились в необходимом объеме.

Заключение. Диссертация Климаша Степана Владимировича является логически завершенной самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно-обоснованные технические решения, имеющие существенное значение для развития систем электроснабжения. Диссертационная работа удовлетворяет

всем требованиям «Положения о порядке присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 (в редакции постановлений Правительства РФ от 21.04.2016 г. № 335, от 02.08.2016 г. № 748, от 28.08.2017 г. № 1024 и от 01.01.2018 г. № 1168) и паспорту специальности 05.09.03, по отношению к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы, а ее автор Климаш Степан Владимирович заслуживает присуждения ему искомой степени.

Отзыв на диссертацию и автореферат рассмотрен и одобрен на заседании Департамента энергетических систем Политехнического института ДВФУ «19» ноября 2020 г. Протокол № 2-2020.

Директор
Департамента энергетических систем
Политехнического института ДВФУ,
доктор технических наук, доцент

ШТЫМ
Константин Анатольевич

«19» ноября 2020 г.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет».
Адрес: 690922, г. Владивосток, остров Русский,
п. Аякс-10.
тел: +791472049118
e-mail: burkov.22@mail.ru