

## О Т З Ы В

официального оппонента кандидата технических наук, доцента **Ткачевой Юлии Ильиничны** на диссертационную работу **Климаша Степана Владимировича** «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

Представленная диссертационная работа С.В. Климаша направлена на решение сложной, практически важной задачи повышения надежности, энергоэффективности и качества электроснабжения в сетях низкого и среднего напряжения.

**Актуальность темы диссертации.** В настоящее время возникли объективные предпосылки для развития электроэнергетики России XXI века на новой технологической основе, характеризующей переход к новому технологическому укладу развития мировой экономики путём создания так называемой интеллектуальной энергосистемы с активно-адаптивной электрической сетью, называемой за рубежом Smart Grid («умные сети»).

Это совокупность подключённых к генерирующим источникам и потребителям «интеллектуальных» устройств — линий электропередачи, преобразователей электроэнергии, коммутационных аппаратов, устройств защиты и автоматики, современных информационно-технологических и управляющих систем, источников генерации, обеспечивая тем самым надёжное энергоснабжение потребителей, энергоэффективность и устойчивость функционирования электроэнергетических систем в целом.

Это определяет актуальность, выбор темы исследования и круга рассматриваемых вопросов. В диссертации описана электротехническая система, обеспечивающая комплексное улучшение энергетических показателей цеховой трансформаторной подстанции.

**Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации,** обеспечивается полученными результатами анализа исследований электротехнического комплекса, включающего в себя трансформаторную подстанцию промышленного предприятия под нагрузкой, батарею косинусных конденсаторов, вольтодобавочный трансформатор и транзисторный преобразователь фазы с двухсторонним обменом энергией через звено постоянного напряжения. Результаты обоснованы корректным применением в работе классических положений теоретических основ электротехники,

преобразования и передачи электроэнергии в электрических сетях, методах математического и численного моделирования. В качестве математического средства использовано MATLAB Simulink с комплексом программ для проведения численных экспериментов.

**Достоверность и новизна полученных результатов.** Научную новизну диссертации можно охарактеризовать следующими положениями:

1. Предложены принципы построения компенсатора реактивной мощности со стабилизацией напряжения (далее КРМСН) обеспечивающие регулируемую генерацию или потребление реактивной энергии с одновременной стабилизацией напряжения у потребителей без искажения инвертором и выпрямителем тока в трансформаторах и сети.

2. Разработан алгоритм формирования и регулирования модуля и аргумента вектора добавочного напряжения. Система КРМСН с предложенным алгоритмом формирования и регулирования напряжения позволяет обеспечить прямую полную компенсацию реактивной энергии сети с одновременной стабилизацией напряжения у потребителей.

3. Предложен 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.

Новизна технических решений, представленных в диссертации, подтверждена полученными патентами на изобретение: пат. 2648690 «Компенсатор реактивной мощности», пат. 2665476 «Устройство для подключения конденсаторов к трехфазной сети».

**Практическая ценность результатов.** Полученная в результате исследования электротехническая система обеспечивает комплексное улучшение технико-экономических показателей при передаче, распределении и потреблении электроэнергии. Технический результат разработки заключается в компенсации реактивной мощности на выходе и на входе силового трансформатора подстанции, а также в стабилизации напряжения на входе подстанции и у потребителей, обеспечивая силовому трансформатору высокие коэффициенты мощности и полезного действия.

Соответствующие результаты диссертационной работы внедрены в производство и учебный процесс для практического применения, что подтверждается полученными актами о внедрении.

**Апробация работы и публикации полученных результатов исследования.** Основные положения исследования докладывались, обсуждались на двух международных, всероссийской конференции, а также на научно-технических семинарах кафедр «Электротехника, электроника и

электромеханика» и «Системы электроснабжения» Электроэнергетического института ДВГУПС и заседании научно-технического совета КнАГУ.

**Анализ выполненной диссертационной работы.** Общий объем диссертации составляет 116 страниц машинописного текста. Диссертация состоит из введения, пяти глав, включающих 68 иллюстраций, заключения, списка сокращений и условных обозначений и списка литературы из 51 наименования.

**Во введении** отражена актуальность работы, определены цель и задачи исследования, научная новизна, практическая значимость работы, выдвинуты положения, выносимые на защиту.

**Первая глава** содержит критический анализ имеющихся технических решений повышения качества электроэнергии, проведен анализ способов и средств для стабилизации напряжения и компенсации реактивной мощности, обосновано их использование, сформулированы пути решения проблемы повышения качества электроэнергии.

**Вторая глава** посвящена разработке принципов построения компенсатора реактивной мощности со стабилизацией напряжения (КРМСН) в составе трансформаторной подстанции. Теоретически обоснована структура системы, приведены аналитические выражения, определяющие принципы регулирования напряжения. Для реализации этих принципов разработан специальный алгоритм формирования и регулирования модуля и аргумента вектора добавочного напряжения по величине и знакам сигналов с датчиков отклонения напряжения нагрузки и реактивной мощности сети. Представлены отдельные элементы, дополняющие систему: оригинальный электронно-электрический аппарат для подключения конденсаторов к трехфазной и однофазной сети, блок защиты элементов ТПФ от возможного обратного высокого напряжения

**Третья глава** посвящена разработке элементов модели в среде MATLAB, позволяющих реализовать исследования оригинальной системы компенсации реактивной мощности со стабилизацией напряжения в составе трансформаторной подстанции с предложенным алгоритмом управления, точно оценить энергетические показатели. Описаны разработанные специализированные электротехнические модули, дополняющие пакет SimPoweSystems, рассчитана, рассмотрена и описана разработанная модель электротехнического комплекса с раскрытием и исследованием работы каждого силового модуля.

**В четвертой главе** описано поэтапное исследование работы составных частей системы и качественный анализ процессов с целью выявления особенностей энергообмена для дальнейшего им управления. Выполнено

исследование работы вольтодобавочного трансформатора от инвертора напряжения с широтно-импульсной модуляцией в цепи высокого напряжения, исследование работы управляемого выпрямителя, проведено исследование пускателя конденсаторов. Также описана работа цеховой подстанции, объединенной по звену постоянного напряжения с системой частотно-регулируемого электропривода.

**Пятая глава** посвящена численным экспериментам при моделировании, в результате которых дана комплексная оценка предлагаемому техническому решению. Построены 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. Определены коэффициенты искажений всех токов и напряжений в системе, КПД и Км в различных режимах работы.

**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.

#### **Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций**

Результаты работы вносят вклад в развитие комплексного подхода к вопросам повышения энергоэффективности цеховых трансформаторных подстанций. Практическая значимость проведенного исследования подтверждается актом внедрения и использования результатов разработок в учебном процессе.

Анализ публикаций автора позволяет утверждать, что содержание диссертации отражено в них с требуемой Положением ВАК полнотой.

#### **Соответствие автореферата диссертации ее содержанию.**

Рукопись автореферата достаточно полно отражает содержание диссертации и представлена в виде краткого описания ее глав, основных результатов исследований, экономической эффективности полученных результатов и выводов. Рукопись автореферата соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11–2011 и «Положения о присуждении ученых степеней».

## **Замечания по диссертации**

1. В заключении диссертационной работы сказано стр. 109, что коэффициент искажения синусоидальности напряжения у потребителя составляет от 5 до 11%, но в работе не произведен анализ влияния этой величины на технико-экономические показатели потребителей, характеристики которых могут ухудшаться.

2. В поставленных целях сказано об улучшении массогабаритных показателей системы компенсации реактивной мощности стр. 7 диссертации, однако в диссертации данные исследования не проводились.

3. На стр. 98 диссертации имеется утверждение, что, чтобы происходила экономия электроэнергии необходимо, чтобы полная мощность потребляемая нагрузкой была меньше полной мощности потребляемой подстанцией из сети. Считаю, что данное утверждение не доказано. Предлагаемое устройство снижает реактивную мощность в питающей сети, но при этом наблюдается значительная реактивная мощность потребляемая нагрузкой. При этом возникают повышенные потери на стороне нагрузки. Необходимо оценивать энергоэффективность не только по снижению потерь питающей сети, но и с учетом возможного роста потерь в нагрузке.

4. На рис 5.8, стр. 99 диссертации показано, что полная мощность нагрузки (график 2) больше, чем полная мощность потребляемая подстанцией из сети (график 1), при этом согласно утверждению, указанному на стр. 98 (см. предыдущее замечание) экономии электроэнергии не происходит.

5. На мой взгляд, автореферат диссертации превышает допустимые нормы, а также в обзоре литературы в диссертации слабо отражены иностранные исследования по теме диссертационной работы.

Указанные замечания не снижают научно-практическую значимость полученных в диссертации результатов.

### **Заключение о соответствии диссертации критериям «Положения о присуждении учёных степеней»**

Диссертация Климаша Степана Владимировича отвечает требованиям Положения о присуждении учёных степеней по соответствующим пунктам.

Пункт 9 – диссертация Климаша С.В. на соискание учёной степени кандидата технических наук является логически завершённой самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения, обеспечивающие повышения эффективности систем электроснабжения.

Пункт 10 – диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, что свидетельствует о личном вкладе автора в науку, а также имеет прикладной характер.

Пункты 11-13 – основные выводы и предложения по рассмотренным в диссертации вопросам нашли отражение в 15 печатных работах, в том числе в 8 статьях, пять из которых опубликованы в журналах перечня ВАК РФ, три в журналах, входящих в международную систему цитирования Scopus и WOS и трех патентов на изобретение РФ.

Пункт 14 – использованные результаты научных работ, полученные Климашом С.В. лично или в соавторстве, отражены в тексте диссертации, на материалы других авторов, отраженных в диссертации, имеются ссылки на источник заимствования.

Автор диссертации заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Официальный оппонент, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Общая физика» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Ю.И. Ткачева

«08» / 2020

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет».

Почтовый адрес: 681013, Хабаровский край, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27

Телефон +7(4217)53-2304, 53-61-50

Электронная почта: [office@knastu.ru](mailto:office@knastu.ru)

Сайт: <http://www.knastu.ru>

Подпись доцента Ткачевой Ю.И. заверяю.

п/с  
е/б  
Иван