

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе

ФГБОУ ВО НИУ «МЭИ»



В.К. Драгунов

« 15 » апреля 2021 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

на диссертацию кандидата технических наук Сычева Юрия Анатольевича
«Фильтрокомпенсирующие устройства с активными преобразователями для
повышения качества электроэнергии в электротехнических комплексах
нефтегазовых предприятий», представленную на соискание ученой степени
доктора технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические
комплексы и системы

Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа Сычева Ю.А. посвящена решению важной научной проблемы повышения качества электрической энергии в централизованных, автономных и комбинированных системах электроснабжения нефтегазовых предприятий путем развития теории структурного и параметрического синтеза фильтрокомпенсирующих устройств с активными преобразователями.

В настоящее время существует ряд современных активных преобразовательных устройств повышения качества электрической энергии различного функционального назначения, не охваченного едиными теоретическими положениями и методологией синтеза, выбора, расчета, анализа и применения, такие как устройства статической компенсации реактивной мощности, динамические компенсаторы искажения напряжения,

универсальные компенсаторы, активные выпрямители, активные и гибридные фильтры) делает их применение недостаточно эффективным при повышении качества электроэнергии.

Разработано большое число методов и алгоритмов управления активными преобразователями, направленных на решение узких специализированных задач при определенной совокупности условий без единой теоретической и методологической базы, что не позволяет реализовать более масштабное применение подобных преобразователей как отдельно, так и в составе фильтрокомпенсирующих устройств.

Наличие дополнительных потерь энергии в электрооборудовании (трансформаторах, электрических машинах) из-за наличия высших гармоник тока и напряжения (до 25 % от суммарных потерь) требует системного научно-обоснованного применения современных многофункциональных технических средств и решений по повышению качества электроэнергии, включая фильтрокомпенсирующие устройства с активными преобразователями.

Развитие технологий комбинированного электроснабжения на основе параллельной работы централизованных и автономных источников распределенной генерации, для которого не установлены нормы качества электроэнергии, определяет необходимость научно-обоснованного применения технических средств автоматизированной коррекции показателей качества электроэнергии, включая фильтрокомпенсирующие устройства с активными преобразователями, в условиях вариации величин данных показателей, исходя из режима электроснабжения и характера подключенной нагрузки.

Низкая эффективность использования активных преобразователей для повышения качества электроэнергии без дополнительных фильтрокомпенсирующих устройств, согласно результатам экспериментальных исследований, определяет необходимость развития теории синтеза и применения электротехнических комплексов фильтрокомпенсирующих устройств с активными преобразователями.

Поэтому исследования, направленные на развитие теории структурного

и параметрического синтеза фильтрокомпенсирующих устройств с активными преобразователями для повышения качества электрической энергии в централизованных, автономных и комбинированных системах электроснабжения нефтегазовых предприятий, являются актуальными для страны в научном и практическом плане.

Новизна полученных результатов и выводов

Научная новизна исследований, представленных в диссертации, состоит в следующем:

1. Разработан метод исследования фильтрокомпенсирующих устройств с активными преобразователями, обладающими различными топологиями и системами управления, в условиях вариации параметров и характеристик систем электроснабжения, подключенной нагрузки, самих преобразователей, позволяющий оценить уровень эффективности повышения качества электрической энергии при заданных факторах.
2. Выявлены закономерности изменения величин показателей качества электроэнергии и степени их коррекции активными преобразователями последовательного и параллельного типа, в соответствии с различными системами управления, при вариации параметров источника, нагрузки, самих преобразователей, а также режима измерения и выявления ими опорных величин, что позволяет в заданных условиях произвести обоснованный выбор типа преобразователя, способа управления им, степени коррекции показателей качества электроэнергии и их количества.
3. Установлены степени влияния диапазонов варьирования внутренних параметров активных преобразователей, внешних параметров питающей сети и нагрузки на уровень эффективности повышения качества электроэнергии, а также свойство активных преобразователей одновременно влиять на несколько показателей качества электроэнергии с разной степенью эффективности, которое сопровождается отклонениями режимов работы электрической сети от номинальных параметров, что необходимо учитывать при синтезе структуры фильтрокомпенсирующих устройств с активными преобразователями в

заданных условиях.

4. Разработаны математические модели фильтрокомпенсирующих устройств с активными преобразователями различной топологии и компонентного состава, включая модели универсальных компенсаторов, отличающиеся учетом вариации структуры и параметров пассивных фильтров на выходе активной части в зависимости от степени воздействия совокупности внешних и внутренних факторов, влияющих на уровень эффективности повышения качества электроэнергии с учетом возможности наличия резонансных явлений.

5. Разработаны алгоритмы автоматизированного повышения качества электроэнергии для активных преобразователей, функционирующих как отдельные устройства, так и в составе фильтрокомпенсирующих устройств, отличающиеся учетом заданной совокупности факторов, определяющих характеристики источника и нагрузки, набора корректируемых показателей качества электроэнергии, источника искажения синусоидального режима, метода управления преобразователем.

6. Разработаны структуры систем комбинированного электроснабжения на основе параллельной работы централизованных источников и распределенной генерации, в составе которых фильтрокомпенсирующие устройства с активными преобразователями обеспечивают бесперебойное электроснабжение ответственных потребителей, повышение качества электроэнергии при изменении режима электроснабжения, а также синхронизацию параллельной работы источников на общую нагрузку.

7. Сформулированы научно-методические основы выбора и обоснования структуры, компонентного состава, режима работы, методов управления и распределения фильтрокомпенсирующих устройств с активными преобразователями в централизованных, автономных и комбинированных системах электроснабжения нефтегазовых предприятий.

Личный вклад соискателя в получении результатов исследования

Наиболее существенными результатами научной работы, полученными

лично автором, являются:

- проведенные экспериментальные исследования эффективности повышения качества электроэнергии активными преобразователями в сетях ОАО «Оренбургнефть» и ООО «РН-Юганскнефтегаз»;

- выявленные закономерности, отражающие влияние внешних и внутренних факторов на степень повышения качества электрической энергии активными преобразователями;

- разработанные модифицированные алгоритмы работы активных преобразователей, функционирующих как отдельные устройства, так и в составе фильтрокомпенсирующих устройств;

- созданные математическое описание и модели фильтрокомпенсирующих устройств с активными преобразователями различной топологии;

- выявленные допустимые диапазоны вариации параметров активных преобразователей в составе фильтрокомпенсирующих устройств для снижения массогабаритных показателей активных преобразователей с сохранением заданного уровня эффективности повышения качества электроэнергии;

- разработанные структуры систем комбинированного электроснабжения, в состав которых интегрированы фильтрокомпенсирующие устройства с активными преобразователями для выполнения ряда функций;

- разработанные теоретические положения и системный подход к структурному и параметрическому синтезу фильтрокомпенсирующих устройств с активными преобразователями.

- выполненное промышленное внедрение фильтрокомпенсирующих устройств с активными преобразователями в соответствии с разработанными методами и алгоритмами.

Апробация работы и публикации

Основные положения диссертационного исследования докладывались и обсуждались на научно-практических конференциях различного уровня.

Полученные научно-технические результаты успешно представлялись

на международных выставках и конкурсах.

Все основные результаты диссертационного исследования достаточно широко опубликованы в 49 печатных работах, из которых 13 в научных изданиях, входящих в Перечень ВАК РФ, 28 в изданиях, индексируемых международными базами научного цитирования Scopus и Web of Science, получено 19 патентов РФ на изобретение.

Опубликованные по результатам исследования материалы достаточно полно отражают основное содержание диссертации, имеются ссылки на авторов и источники заимствования материалов.

Обоснованность научных положений и выводов, сформулированных в диссертации

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений подтверждаются корректным использованием общепризнанных теорий, методов и подходов, адекватных математических моделях исследуемых систем, сходимости результатов математического моделирования и экспериментальных исследований не менее 90 %. Полученные в диссертации результаты по отдельным направлениям согласуются с аналогичными результатами исследований других отечественных и зарубежных авторов. Также достоверность результатов исследований подтверждается положительным опытом производства ЗАО «Электон» фильтрокомпенсирующих устройств с активными преобразователями в соответствии с техническими и технологическими решениями, приведенными в работе, и эксплуатации данных устройств в электрических сетях ООО «РН-Юганскнефтегаз», прошедших внедрение в соответствии с результатами работы.

Соответствие содержания диссертации автореферату и указанной специальности

Автореферат полностью отражает содержание диссертационной работы, содержит информацию об основных положениях и выводах диссертационного

исследования, позволяет сделать заключение о научном уровне работы, ее содержанию и полностью отражает научные положения, результаты, основные выводы, научную новизну и практическую значимость диссертации.

Содержание диссертации соответствует научной специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы», поскольку содержит основные положения представленной области исследования. Разделы диссертации соответствуют следующим областям исследования паспорта специальности:

- п.1 «Развитие общей теории электротехнических комплексов и систем, изучение системных свойств и связей, физическое, математическое, имитационное и компьютерное моделирование компонентов электротехнических комплексов и систем»;

- п.2 «Обоснование совокупности технических, технологических, экономических, экологических и социальных критериев оценки принимаемых решений в области проектирования, создания и эксплуатации электротехнических комплексов и систем»;

- п.3 «Разработка, структурный и параметрический синтез электротехнических комплексов и систем, их оптимизация, а также разработка алгоритмов эффективного управления»;

- п.4 «Исследование работоспособности и качества функционирования электротехнических комплексов и систем в различных режимах, при разнообразных внешних воздействиях».

Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

По результатам проведенных теоретических и экспериментальных исследований разработаны практические рекомендации по применению фильтрокомпенсирующих устройств с активными преобразователями в промышленных системах электроснабжения, которые могут быть рекомендованы для внедрения на нефтегазовых предприятиях.

Разработанные имитационные модели фильтрокомпенсирующих

устройств активными преобразователями позволяют на стадии проектирования систем электроснабжения оценить эффективность и целесообразность применения тех или иных устройств повышения качества электрической энергии в заданных технических условиях. Данные модели целесообразно применять в проектных организациях, осуществляющих разработку систем электроснабжения предприятий минерально-сырьевого комплекса.

Разработанные алгоритмы работы фильтрокомпенсирующих устройств с активными преобразователями служат основой создания программного обеспечения комплексных автоматизированных систем мониторинга и повышения качества электрической энергии. Данные алгоритмы могут быть рекомендованы для внедрения в инженеринговых организациях и на заводах-изготовителях при аппаратной реализации систем управления активных преобразователей.

Научные и практические результаты работы могут быть использованы в учебном процессе при реализации образовательных программ бакалавриата, специалитета и магистратуры по направлениям подготовки «Электроэнергетика и электротехника».

Оценка содержания диссертации, ее завершенность в целом, замечания по оформлению

Диссертация Ю.А. Сычева состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы и приложений. Диссертационная работа соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11–2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления».

Содержание глав и разделов диссертации достаточно полно раскрывает существо решаемых автором задач, методы их решения и полученные результаты.

Диссертационная работа Сычева Ю.А. является завершенной научно-квалификационной работой, в которой решена крупная научная проблема повышения качества электрической энергии в централизованных, автономных и комбинированных системах электроснабжения нефтегазовых предприятий

путем развития теории структурного и параметрического синтеза фильтрокомпенсирующих устройств с активными преобразователями, что имеет важное хозяйственное и социально-экономическое значение.

Замечания по диссертационной работе:

1. На взгляд рецензентов автор несколько путает понятия статической и динамической устойчивости (стр. 64) при выявлении закономерностей сохранения устойчивости электродвигательной нагрузки при внешних возмущениях. Очевидно, что статическая устойчивость – это устойчивость установившегося режима. В данном случае рассматриваются процессы выбега синхронного двигателя при наличии КЗ (рис. 2.11) с увеличением скольжения. Возвращение двигателя в исходное или новое состояние установившегося режима определяется значением нагрузочного угла СД, критическое значение которого зависит помимо от постоянной времени T_j , глубины и времени провала напряжения, еще и от коэффициентов мощности и загрузки, а также некоторых других параметров. При этом дается ссылка на работу [49] «Абрамович Б.Н., Устинов Д.А., Сычев Ю.А., Плотников И.Г. Динамическая устойчивость электромеханических комплексов с синхронными и асинхронными двигателями на предприятиях нефтедобычи. Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2011. № 3. С. 17-25.»

2. Из текста диссертации неясно, каким образом осуществляется коррекция провалов напряжения. Ни в параграфе 2.5. в пункте «Коррекция провалов и отклонений напряжения, а также несимметрии источников и нагрузки» (тут некое лукавство, заключающееся в объединении нескольких показателей качества, тогда как далее речь идет только о несимметрии), ни в параграфе 3.2, где структура универсального компенсатора по рис.3.27 а предлагается для компенсации провалов и высших гармонических составляющих (опять объединение показателей!) не приводится алгоритмов функционирования разработанных технических решений. Ссылка на патент № 2567112 не проясняет ситуации, поскольку техническим результатом изобретения является более эффективная синхронизация режимов

функционирования в части отклонения и колебания напряжения (не провалов!) нескольких автономных систем генерирования при их совместной работе параллельно с централизованной энергосистемой.

3. Из текста диссертации не ясно, каким образом осуществлялась оценка эффективности и работоспособности разработанных алгоритмов управления активных и гибридных фильтров для автоматизированного повышения КЭ.

4. Не совсем понятно, в чем заключаются преимущества разработанного метода оптимизации параметров гибридных фильтров по сравнению с существующими подходами.

5. Недостаточно подробно описано, каким образом определяется вклад в общий уровень ПКЭ в алгоритме выбора места размещения ФКУ (рис. 5.26).

6. Непонятно, почему АЧХ фильтров на рис. 3.36 и 3.38 имеют емкостной характер, учитывая, что соответствующие схемы (рис. 3.33 в и д) имеют в составе индуктивные элементы.

7. Из текста работы не ясно, чем обусловлено использование активно-емкостных пассивных фильтров в составе гибридных фильтров при промышленных испытаниях, описанных в п. 6.4, учитывая, что типовым решением является использование индуктивно-емкостных пассивных фильтров.

8. Имеется большое количество редакционных замечаний, а именно:

- по тексту диссертации используется большое количество аббревиатур, что затрудняет понимание положений и выводов диссертации;

- значительное количество повторов, как буквальных, так и смысловых, например, при обосновании актуальности темы исследований;

- подробное обоснование необходимости повышения качества электроэнергии, которое можно найти в любом учебнике, а также описание существующих теорий для формирования систем управления активными преобразователями, в связи с чем, при сокращении этой описательной части, вторая глава могла бы иметь более компактный вид и наглядно демонстрировать собственный вклад автора;

– необъяснимо использование для одних и тех же величин разных обозначений, например, в формуле (2.2) для коэффициента мощности используется общепринятое обозначение $\cos \varphi$, а в формуле (3.41) уже k_M , а далее вновь имеет место возвращение к $\cos \varphi$, в формулах (1.45) и (1.46) частота основной составляющей обозначена буквой ϑ , а в других разделах используется ω . Или здесь есть какой-то особый смысл?

– обширный список источников, с одной стороны, свидетельствует о большой аналитической работе, проделанной автором, с другой стороны, очевидно, что работы ряда авторов (Розанов Ю.К., Пронин М.В.) неизбежно содержат повторение теоретических положений, и ссылаться на все нет необходимости. На свою кандидатскую диссертацию автор ссылается дважды – 296 и 297 в списке;

– значительное количество опечаток, особенно в предложениях и окончаниях слов.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней

Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты. Предложенные автором технические и технологические решения обоснованы и аргументированы, показано преимущество предложенных решений по сравнению с известными аналогами.

В диссертации приведены сведения о практическом использовании полученных автором научных результатов, в том числе имеются акты о внедрении результатов работы, патенты на изобретения и полезные модели.

Диссертация Сычева Юрия Анатольевича является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена крупная научная проблема повышения качества электрической энергии в централизованных, автономных и комбинированных системах электроснабжения нефтегазовых предприятий путем развития теории структурного и параметрического синтеза

фильтрокомпенсирующих устройств с активными преобразователями, что имеет важное хозяйственное и социально-экономическое значение.

На основании вышеизложенного считаем, что диссертация Сычева Ю.А. по актуальности, степени научной новизны, объему выполненных исследований и их теоретической и практической ценности соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском технологическом университете "МИСиС", а также Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор, Сычев Юрий Анатольевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Отзыв на диссертацию Сычева Юрия Анатольевича «Фильтрокомпенсирующие устройства с активными преобразователями для повышения качества электроэнергии в электротехнических комплексах нефтегазовых предприятий» обсужден и утвержден на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий и электротехнологий, протокол № 9 от 8 апреля 2021 года.

Заведующий кафедрой
Электроснабжения промышленных
предприятий и электротехнологий,
к.т.н., доцент



Цырук С.А.