



«УТВЕРЖДАЮ»
Ректор Новосибирского
государственного технического
университета,
доктор технических наук,
профессор
А.А. Батаев
«01» декабря 2020 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» (г. Новосибирск) на диссертационную работу Косарева Бориса Андреевича на тему «Методики управления децентрализованными электротехническими системами с распределенной генерацией», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы»

На отзыв ведущей организации представлены следующие материалы:

- диссертация, состоящая из введения, четырех глав, основных выводов по результатам научных исследований, библиографического списка, списка сокращений и условных обозначений и приложений;

- автореферат диссертации, в котором дана общая характеристика работы, приведены основные результаты, выводы и рекомендации.

Представленные материалы с достаточной полнотой раскрывают сущность диссертационной работы и дают возможность оценить и квалифицировать ее с точки зрения научной и практической ценности на соответствие требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Актуальность темы исследования

Согласно Постановлению Правительства РФ от 28 марта 2019 г. N 335 "О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 г. N 321" в паспорте государственной программы РФ «Развитие энергетики» в числе перспектив развития топливно-энергетического комплекса отмечена высокая роль децентрализованных электротехнических систем (ДЭТС) с распределенной генерацией (РГ). Очевидными преимуществами ДЭТС с РГ является адаптивное использование доступных энергоресурсов, уменьшение потерь электроэнергии при ее передаче потребителю по сравнению с централизованными электротехническими системами и возможность направлять излишки электроэнергии во внешнюю сеть. Основными проблемами

ДЭТС с РГ является дисбаланс генерируемой и потребляемой мощностей, вызывающий отклонение сетевого напряжения и частоты от допустимых значений, возможность возникновения хаотических колебаний режимных параметров, дополнительные потери мощности в питающих линиях за счет смещения центров электрических нагрузок (ЦЭН). В этой связи актуальными задачами для ДЭТС с РГ являются поддержание сетевого напряжения и частоты в диапазоне допустимых значений, выявление и подавление хаотических колебаний режимных параметров, минимизация потерь электроэнергии в питающих линиях. Данные задачи могут быть решены путем разработки способов и методов управления ДЭТС с РГ, направленных на стабилизацию режимных параметров в пределах допустимых значений, в том числе при возникновении хаотических колебаний, а также на уменьшение потерь мощности при электропередаче, методик их проектирования. Апробацию способов управления ДЭТС с РГ и методик их проектирования (методик управления ДЭТС с РГ в широком смысле) целесообразно осуществлять путем имитационного компьютерного моделирования. В качестве предполагаемых результатов от внедрения методик управления ДЭТС с РГ ожидается стабилизация значений показателей качества электроэнергии, повышение режимной устойчивости электросистемы и пропускной способности линий электропередачи.

Оценка содержания работы

Представленная к защите диссертация состоит из введения, четырех глав, основных выводов по результатам научных исследований, библиографического списка, списка сокращений и условных обозначений и приложений. Основная часть работы изложена на 185 страницах машинного текста, в том числе 66 рисунков, 19 таблиц, список использованной литературы из 123 наименований и приложение из 12 страниц.

Автореферат и опубликованные автором работы достаточно полно отражают содержание диссертации. Основные выводы и результаты отражены в 18 публикациях. В автореферате представлены основные идеи и выводы диссертации, отражены новизна, практическая значимость и личный вклад автора.

Во введении обоснована актуальность выполненных исследований, сформулированы цели и задачи исследования, обоснованы научная новизна и практическая значимость результатов, представлены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе обоснована актуальность ДЭТС с РГ и показана высокая общемировая динамика развития распределенной энергетики. Рассмотрены вопросы управления и имитационного компьютерного моделирования ДЭТС с РГ, способы уменьшения потерь мощности при электропередаче.

По результатам обзора сделаны выводы об отсутствии методик управления ДЭТС с РГ, учитывающих возможность возникновения хаотических колебаний режимных параметров и направленных на уменьшение потерь мощности при электропередаче. Обоснована необходимость детализации схем замещения типовых электроприемников в существующих компьютерных моделях ДЭТС с РГ.

Во второй главе представлены результаты имитационного компьютерного моделирования ДЭТС с РГ жилых зданий и промышленного предприятия при помощи пакета прикладных программ MatLab.

При помощи компьютерных моделей ДЭТС с РГ исследованы переходные процессы, гармонические искажения тока и напряжения.

В третьей главе рассмотрена методика управления ДЭТС с РГ, учитывающая возможность возникновения хаотических колебаний режимных параметров. Также приведен расчет критериев управляющего воздействия, направленного на подавление хаотических колебаний. Приведены результаты апробации методики управления при помощи компьютерных моделей ДЭТС с РГ. Результаты моделирования подтвердили удовлетворительную работу предложенного управления. После подачи управляющего воздействия флуктуации значений режимных параметров ДЭТС с РГ стабилизируются в допустимых пределах.

В четвертой главе рассмотрена методика уменьшения потерь мощности при передаче электроэнергии в ДЭТС с РГ. Основная идея методики заключается в сокращении расстояния между центром электрических нагрузок (ЦЭН) группы потребителей и соответствующим источником питания (ИП) при реконфигурации сети за счет подключения потребителей к ИП, находящемуся на меньшем расстоянии от ЦЭН. Сокращение длины питающих линий между ЦЭН группы потребителей и ИП уменьшает потери при транспорте электроэнергии. При смещении ЦЭН групп потребителей происходит перераспределение ИП по критерию минимальной длины питающих линий.

Новизна проведенных исследований и полученных результатов

Анализ содержания рассматриваемой диссертации позволяет сделать вывод, что автором получены следующие новые научные результаты:

1. Разработаны имитационные компьютерные модели ДЭТС с РГ промышленного предприятия и ДЭТС с РГ жилых зданий для апробации управления и расчета режимных параметров, отличающиеся детализацией схем замещения нагрузки потребителей. Использованы известные схемы замещения типовых электроприемников, однако, их интегрирование в единую электросистему, позволяет получить качественно новые свойства модели, такие как возможность оценки взаимного влияния электроприемников, гармонических искажений напряжения и тока, влияния характера и величины нагрузки на

электромеханические переходные процессы, апробирования алгоритмов управления.

2. Разработана метод управления, направленный на поддержание установившегося отклонения напряжения и частоты ДЭТС с РГ в заданном диапазоне, позволяющий выявлять и подавлять хаотические колебания режимных параметров.

Методики управления основывается на стандартных способах регулирования напряжения и частоты, но отличается использованием оригинального алгоритма выявления и подавления такого возможного режима работы электротехнических систем, как хаотические колебания режимных параметров.

При этом выявление хаотических колебаний основывается на расчете старшего показателя Ляпунова, а для их подавления предлагается использовать критерий асимптотической устойчивости решения системы дифференциальных уравнений, описывающих электромеханические переходные процессы в электросистеме.

3. Разработана методика управления, направленная на снижение потерь мощности при передаче электроэнергии в ДЭТС с РГ, отличающаяся тем, что путем реконфигурации сети позволяет компенсировать смещения центров электрических нагрузок.

Практическая значимость работы

На основе проведенных теоретических и экспериментальных работ автором получены новые имеющие практическую значимость результаты, которые заключаются:

1. В возможности подавления хаотических колебаний режимных параметров ДЭТС с РГ.

2. В уменьшении потерь мощности при передаче электроэнергии в ДЭТС с РГ.

3. В разработке имитационных компьютерных моделей ДЭТС с РГ промышленного предприятия и ДЭТС с РГ жилых зданий, позволяющих рассчитывать параметры режима, апробировать методики управления.

4. Результаты диссертационной работы признаны эффективными и внедрены в производственную деятельность Омской ТЭЦ – 4.

5. Результаты диссертационной работы внедрены в учебную деятельность в ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет».

Основные результаты, выносимые на защиту:

1. Имитационные компьютерные модели ДЭТС с РГ промышленного предприятия и ДЭТС с РГ жилых зданий для апробации методик управления и расчета режимных параметров.

2. Метод управления ДЭТС с РГ, направленный на повышение качества электроэнергии, выявление и подавление хаотических колебаний режимных параметров.

3. Методика управления ДЭТС с РГ, направленная на уменьшение потерь мощности при передаче электроэнергии.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность результатов и выводов диссертационной работы подтверждается корректностью поставленных задач, обоснованностью принятых допущений при разработке метода и методики управления, их апробацией путем имитационного компьютерного моделирования в программах для ЭВМ, прошедших регистрацию в Федеральной службе по интеллектуальной собственности.

Результаты исследования прошли рецензирование в научных журналах, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования РФ, а также научных журналах, индексируемых в базе данных Scopus.

Апробация результатов

Основные результаты диссертации обсуждены на международных и всероссийских научно-технических конференциях, семинарах. Материалы диссертации опубликованы в 18 научных работах, из них 6 в периодических изданиях из перечня ВАК РФ, и одна статья, в издании, индексируемом в Scopus. Получены 3 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ в Федеральной службе по интеллектуальной собственности.

Ведущая организация рекомендует использовать результаты диссертационной работы в алгоритмах управления децентрализованными электротехническими системами с распределенной генерацией

По диссертационной работе имеются следующие **замечания**:

1. В главе 2 учитывались гармоники до 13 включительно без обоснования учета более высоких гармоник.

2. В главе 2 на рисунке 2.4 приведены структурные схемы блоков измерения амплитуды, фазы, частоты напряжения, при этом не указано какая из структурных схем используется в имитационной модели.

4. В главе 2 не представлены результаты моделирования установившегося режима децентрализованной электротехнической системы жилых зданий при несимметричной нагрузке.

5. В главе 2 имитационная модель промышленного предприятия содержит двигательную нагрузку, при этом в работе нет пояснений относительно характера изменения нагрузки на валу электродвигателей.

6. На структурной схеме преобразователя частоты (рисунок 2.7) не приведены значения индуктивности и емкости для звена постоянного тока.

7. В главе 3 на рисунке 3.10 в блоке «Хаотические колебания» не

приведены критерии, по которым определяется режим хаотических колебаний режимных параметров.

8. В главе 3 для формулы 3.11 отсутствует пояснение - какое число точек измерения N и шаг дискретизации ΔT используется в расчетах.

9. Глава 4 посвящена необходимости реконфигурации сети ДЭС для снижения потерь активной мощности. Не вызывает вопросов сама идея, но остается непонятным какими средствами предлагается вносить изменения в схемно-режимные состояния. В работе не рассматривались реклоузеры, системы накопления энергии и другие известные средства для решения этой задачи в сетях 0,4-10 кВ.

10. В целом по работе открытым остается вопрос для кого и для чего разрабатывались предложенные автором алгоритмы и методики. Если они предназначены для принятия решений на стадии управления развитием, т.е. при проектировании ДЭС, то не обосновано, качество каких решений возрастает от их применения. До последнего времени вопросы обеспечения качества электроэнергии не рассматриваются при проектировании систем электроснабжения.

11. Поскольку работа посвящена автономным энергосистемам, неверно применять к оценке качества электроэнергии в них показатели, установленные для централизованных "больших" энергосистем.

Приведенные замечания не имеют принципиального характера и не снижают общего положительного впечатления о работе.

Общее заключение по работе

Диссертационная работа Косарева Б.А. является законченной научно-квалификационной работой, в которой с новыми научными и практическими результатами решены актуальные задачи, связанные с управлением децентрализованными электротехническими системами с распределенной генерацией и уменьшением нагрузочных потерь мощности.

Все разделы диссертации взаимосвязаны и в полной мере отвечают поставленной цели. Диссертацию характеризует внутренне единство по существу представленного материала, профессиональный уровень изложения и качество оформления. Опубликованные работы, автореферат, а также выступления автора на научных конференциях и семинарах достаточно полно отражают содержание диссертационной работы, ее основных положений и выводов.

Диссертационная работа удовлетворяет критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, установленным ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации в положении о присуждении ученых степеней (Постановление № 842 от 24.09.2013 (ред. от 01.10.2018, с изм.

от 26.05.2020) Правительства РФ).

Диссертация Косарева Б.А. соответствует паспорту научной специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы» по следующим пунктам:

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

3. Разработка, структурный и параметрический синтез электротехнических комплексов и систем, их оптимизация, а также разработка алгоритмов эффективного управления.

По нашему мнению, Косарев Борис Андреевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Отзыв ведущей организации подготовил доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Автоматизированные электроэнергетические системы» Фишов Александр Георгиевич.

Диссертационная работа Косарева Б.А., автореферат диссертации, а также отзыв ведущей организации рассмотрены и одобрены на заседании кафедры «Автоматизированные электроэнергетические системы» «01» декабря 2020 г., протокол №13.

Заведующий кафедрой «Автоматизированные электроэнергетические системы», доктор технических наук, доцент

Профессор кафедры «Автоматизированные электроэнергетические системы», доктор технических наук, профессор

01.12.20

Левин Владимир Михайлович
Фишов Александр Георгиевич

Подписи Левина В.М., Фишова А.Г. заверяю:

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет».

Почтовый адрес: 630073, Новосибирская область, г. Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20

Телефон: (383) 346-08-43

E-mail: rector@nstu.ru

Сайт: www.nstu.ru



О. К. Пустовалова