

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник

Германенко А.В.

И.В.И. 2020 г.

ОТЗЫВ

Ведущей организации Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» на диссертационную работу Марченко Андрея Ивановича «Разработка и исследование автоматики опережающего сбалансированного деления в электрических сетях с малой генерацией», представленную к защите в Диссертационном совете Д 212.173.01 при Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы

Актуальность темы диссертации.

Одним из основных трендов энергетики за последние годы является усиление роли децентрализованной, распределенной энергетики. В нашей стране, в виду больших запасов углеводородного топлива, широко развивается внедрение установок малой мощности с прямым подключение синхронных генераторов к электрическим сетям на низком и среднем номинальном напряжении со стороны потребителя. Это создает дополнительные проблемы для традиционных систем централизованного электроснабжения, ориентированных на одностороннее питание потребиелей, так как распределительные сети становятся сетями с двухсторонним питанием. При этом требуется реконструкция систем релейной защиты и автоматики в питающих сетях. При параллельной работе генераторов большой и малой мощности обостряются проблемы надежности и устойчивости их совместной работы. Возникают дополнительные сложности с диспетчеризацией систем с распределенной генерацией в

нормальных и аварийных режимах. В этой связи совершенствование автоматики, обеспечивающей управление объектами малой синхронной генерацией в нормальных и аварийных режимах с возможностями их работы как в островном режиме, так и синхронно с централизованными системами электроснабжения является крайне актуальным.

Научная новизна работы состоит в следующем:

- предложен новый способ противоаварийного управления режимом параллельной работы синхронных генераторов с собственной нагрузкой на основе опережающего сбалансированного деления;
- доказана эффективность такого управления, определены требования по быстродействию, разработана методика расчета уставок срабатывания;
- предложена и практически реализована система автоматического управления станцией с агрегатами малой мощности в нормальных и аварийных режимах работы;
- обоснована возможность предоставления дополнительных услуг в локальных электроэнергетических системах с установками малой генерации по регулированию режимов их работы.

Диссертационная работа соответствует пунктам 6, 9, 10 и 12 паспорта научной специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы».

Диссертант сформулировал и **выносит на защиту следующие основные положения.**

1) Режимное и противоаварийное управление объектами с малой генерацией за счет специальной системной автоматики и реализованного в ней способа опережающего сбалансированного деления, обеспечивающего большую надежность работы малой генерации и электрической сети энергосистемы.

2) Обоснование предпочтительности опережающего сбалансированного противоаварийное отделение локальной системы электроснабжения по отношению к управлению на основе сохранения динамической устойчивости.

3) Исключение вероятности возникновения ударных электродинамических моментов на валах синхронных машин при коротких замыканиях в сети и снижение отключаемых токов коротких замыканий при опережающем сбалансированном делении системы.

4) Системные эффекты по надежности электроснабжения, качеству электроэнергии и регулирования электрического режима в сети прилегающего энергорайона, которые могут быть основой «системных услуг» малой генерации.

Теоретическая и практическая значимость работы. На основе проведенных исследований и внедрения их результатов может быть существенно повышена надежность работы локальных систем электроснабжения с синхронными генераторами прямого подключения. Система противоаварийного управления на основе опережающего сбалансированного деления реализована в прототипе автоматики управления

режимом параллельной работы локальной системы электроснабжения с внешней электрической сетью.

Практические рекомендации и уставки автоматики использованы при осуществлении пилотного проекта по присоединению ЛСЭ с электростанцией МГ жилого массива «Березовое» (г. Новосибирск) к электрической сети.

Достоверность результатов определяется адекватностью используемых математических моделей реальным ЭЭС с опорой на базовые законы электротехники. Достоверность результатов подтверждена использованием промышленных программ для имитационного моделирования, выполнением физического моделирования энергосистем и испытаниями разработанной автоматики на физической модели объекта.

Методология и методы исследования опираются на хорошо апробированные в электроэнергетике методы математического и моделирования, реализованные в повсеместно используемых программных комплексах «Мустанг» и «RastrWin». Кроме того в исследованиях была задействована «Электродинамическая модель электроэнергетических систем» НГТУ. Корректность применения положений теории электрических систем и сетей, устойчивости и основ противоаварийного управления сомнений не вызывает.

Личный вклад диссертанта не вызывает сомнений.

Апробация результатов выполнялась более чем на 30 многих международных и российских конференциях. Автор работы получал многочисленные награды и гранды за свои исследования, что также свидетельствует о их высоком качестве. В составе научного коллектива автор диссертации принимал участие в выполнении ряда НИиОКР и хозяйственных работ.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 32 печатных научных работы, в том числе 2 статьи в изданиях ВАК, получен 1 патент на изобретение РФ, 3 статьи в рецензируемых научных журналах, 2 статьи в научных изданиях, индексируемых в Scopus и Web of Science. Внедрение результатов диссертационного исследования подтверждено 2 актами.

Объем и структура диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, включающего 109 наименований, и трех приложений. Общий объем работы составляет 184 страницы, включает 60 рисунков и 32 таблицы.

Во **введении** обосновывается актуальность темы диссертации, сформулированы цели и задачи исследований, приведены положения, выносимые на защиту, указаны новизна полученных результатов, их научная и практическая значимость, представлены структура диссертации и основные результаты исследований.

В **первой главе** выполнен анализ особенностей и технических решений, обеспечивающих эффективность параллельной работы объектов с малой синхронной генерацией в составе энергосистем. Классификация и основные понятия. Проанализировано развитие малой генерации в

электроэнергетических системах. Указаны причины, виды, системные последствия, требования по безопасности и эффективности. Проведен анализ технических решений, обеспечивающих режим автономной и параллельной работы объединяемых генераторов малой генерации в разных конфигурациях, рассмотрены их достоинства, недостатки и особенности.

Во **второй главе** исследуется способ противоаварийного управления в районах электрической сети с малой генерацией путем опережающего сбалансированного деления. Дается методика расчета уставок пускового органа опережающего деления. Исследуется эффективность автоматики опережающего сбалансированного деления на цифровых моделях электроэнергетических систем. Приводятся структурные состояния и переходы между состояниями локальной системы электроснабжения при автономной и параллельной работе с внешней электрической сетью. Описан пусковой орган автоматики опережающего сбалансированного деления и требования к нему.

В **третьей главе** описана реализация способа опережающего сбалансированного деления в схеме выдачи мощности малой генерации в прототипе автоматики. Описывается прототип автоматики управления режимами локальной системы энергоснабжения и его подсистема опережающего сбалансированного деления.

В **четвертой главе** произведено исследование прототипа автоматики на физической модели электроэнергетических систем. Сформулированы Требования к физической модели локальной системы электроснабжения, работающей, как автономно, так и параллельно с внешней электрической сетью. Описаны структуры локальной системы электроснабжения и схем выдачи мощности для включения на параллельную работу с внешней электрической сетью. Представлено описание физической модели локальной системы. Описаны методика испытаний, ее цели и программа. Приведены результаты испытаний противоаварийной автоматики опережающего сбалансированного деления ЛСЭ.

В **пятой главе** приведены системные эффекты при участии малой генерации в регулировании режимов электрических сетей. Представлено экспериментальное исследование системного эффекта повышения качества напряжения в электрической сети с малой синхронной генерацией.

В **заключении** сформированы основные результаты диссертационной работы. Работа направлена на создание автоматики, позволяющей снять технологические барьеры, связанные с присоединением малой генерации к существующим электрическим сетям и на создание на ее основе изолированно работающих энергосистем по типу SmartGrid.

В **приложении А** приведены результаты исследования устойчивости режимов параллельной работы локальной системы электроснабжения с внешней электрической сетью энергосистемы. В **приложении Б** представлен патент на изобретение. В **приложении В** представлены акты внедрения результатов диссертационной работы.

Автореферат соответствует содержанию диссертации и полностью отражает основные научные и прикладные результаты диссертационного исследования.

Автореферат и текст диссертации хорошо структурированы, логично изложены и обладают внутренним единством. По объёму, структуре и оформлению диссертационная работа полностью соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук.

Замечания по диссертационной работе

1. В работе недостаточное внимание уделяется алгоритмам балансирования отделяемой локальной системы энергоснабжения по активной и реактивной мощности. Каковы требования к величине допустимого небаланса в контролируемом сечении и времени его существования?

2. Недостаточное внимание уделено экономическим аспектам локальных систем электроснабжения. В существующих условиях загрузка установок малой генерации, принадлежащих собственникам, зачастую определяется стремлением снизить оплачиваемую максимальную мощность потребления.

3. В связи с выходом Постановления Правительства РФ № 320 от 21 марта 2020 по созданию активных энергетических комплексов целесообразно интегрировать предложенные в работе идеи в развитие систем управления такими комплексами.

4. При выдержках времени 0,0 - 0,1 с первых ступеней токовых защит минимального напряжения и технологических защит скорости вращения ротора, типичных для установок малой генерации, реализация опережающего сбалансированного деления при близких возмущениях в энергосистеме может быть затруднительной.

5. В субъектах РФ до 81 % объектов малой и распределенной генерации подключается как собственная генерация промышленных предприятий без выдачи мощности в энергосистему. Наличие мощной синхронной двигательной нагрузки, существенно превосходящей генераторы как по единичной мощности, так и по постоянным инерции, может существенно повлиять на характер протекания переходных процессов.

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки работы и не подвергают сомнению достоверность, обоснованность и новизну полученных и представленных в диссертации результатов.

Заключение

Диссертационная работа Марченко Андрея Ивановича «Разработка и исследование автоматики опережающего сбалансированного деления в электрических сетях с малой генерацией», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы, отвечает всем требованиям и критериям действующего Постановления Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 «О порядке присуждения учёных

степеней», которым должна соответствовать диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация удовлетворяет требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 «О порядке присуждения учёных степеней» (ред. от 01.10.2018), предъявляемым ВАК к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук.

Автор диссертации, Марченко Андрей Иванович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

Отзыв на диссертацию обсуждён и одобрен на заседании кафедры «Автоматизированные электрические системы» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», протокол заседания № 5 от 08.06.2020 г.

Заведующий кафедрой
«Автоматизированные электрические
системы», доктор технических наук,
профессор

Паздерин Андрей Владимирович

Тел: 8 (343) 3754875
Эл. почта: a.v.pazderin@urfu.ru

Доцент кафедры
«Автоматизированные электрические
системы», кандидат технических наук

Самойленко Владислав Олегович

Тел: 8 (343) 3591615
Эл. почта: v.o.samoylenko@urfu.ru

Дата: 08.06.2020

ПОДПИСЫ
ЗАВЕРЯЮ.

Подпись заверяю:

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
МОРОЗОВА В.А.

Сведения о ведущей организации

Полное наименование организации:
автономное образовательное учреждение в
федеральный университет имени первого Пр

нное
ский
а»

Юридический адрес: 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19

Сайт: <https://urfu.ru/>

Тел: 8 (343) 3754444

Эл. почта: rector@urfu.ru

Отзыв получен 11.06.2020г. А.А. Осипов А.А.
Создан документ 11.06.2020г. А.А. Марченко А.И.