

Отзыв

Официального оппонента – доктора технических наук, профессора, члена-корреспондента РАН Воропая Николая Ивановича – на диссертацию Марченко Андрея Ивановича «Разработка и исследование автоматики опережающего сбалансированного деления в электрических сетях с малой генерацией», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы».

1. Актуальность проблемы

В современных быстро трансформирующихся под влиянием расширяющегося использования инновационных технологий электроэнергетических системах (ЭЭС) все более существенную роль играет распределенная генерация электроэнергии. Помимо использования малых агрегатов распределенной генерации на базе источников возобновляемой энергии, для российских суровых климатических условий важное значение имеют малые когенерационные установки (мини-ТЭЦ), работающие на органических видах топлива – газотурбинные, парогазовые, газопоршневые, паротурбинные. Эти технологии имеют существенную потенциальную нишу для городов и поселений городского типа при условии замены старых неэкономичных котельных на мини-ТЭЦ. Кроме того, в нынешних условиях активная потребность в генерирующих установках малой мощности имеет место на многих промышленных предприятиях, которые массово закупают малые агрегаты распределенной генерации, особенно газопоршневые.

Естественным способом использования таких малых генерирующих установок была бы совместная их работа с внешней ЭЭС. Однако, среди существующих проблем технического присоединения установок распределенной генерации к внешней электрической сети важное значение имеют проблемы обеспечения устойчивости этих агрегатов и ЭЭС в целом в аварийных условиях вследствие малых постоянных инерции роторов этих установок и некоторых других их особенностей, а также специфики их использования. Разработка мер по решению указанных проблем является важной задачей, что подчеркивает актуальность темы диссертации А.И.Марченко.

2. Новизна исследований и полученных результатов

В диссертации разработан и исследован новый эффективный принцип реализации противоаварийной автоматики опережающего сбалансированного деления в электрических сетях при совместной работе (рассматривается в качестве основного случая синхронная работа малой генерирующей установки с внешней ЭЭС). Его эффективность определяется тем, что адаптация автоматики к текущим режимным условиям за счет выбора наиболее рационального сечения деления обеспечивает минимально возможный небаланс активной мощности в отделившейся подсистеме и, соответственно, минимальный объем

отключаемых потребителей для обеспечения баланса мощности в послеаварийном режиме.

Новизна исследований и полученных результатов определяется еще и тем, что эти результаты протестированы численными исследованиями с использованием программных средств и на физической модели ЭЭС, а также реализованы в виде прототипа реального устройства противоаварийной автоматики.

3. Практическая значимость и реализация результатов

Практическая значимость работы определяется повышением надежности электроснабжения потребителей вследствие минимизации их аварийного отключения при отделении синхронно работавшей в нормальном режиме локальной системы электроснабжения от внешней ЭЭС.

4. Обоснованность и достоверность научных выводов, положений и рекомендаций

Выполнение требований обоснованности и достоверности выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечивается корректным использованием принципиальных положений теории устойчивости ЭЭС и противоаварийного управления ими, соответствием результатов теоретического анализа и математического и физического моделирования разработанных методов реализации предложенной автоматики опережающего сбалансированного деления в электрических сетях с малой генерацией.

5. Заключение о соответствии диссертации установленным критериям

Диссертационная работа А.И. Марченко в полном объеме отвечает критериям, которые установлены «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а именно:

5.1. Указанная диссертантом *цель работы* – разработка и исследование противоаварийной автоматики опережающего сбалансированного деления в электрических сетях с малой генерацией – *реализована в представленной диссертационной работе.*

5.2. *Автореферат диссертации* А.И. Марченко соответствует *диссертационной работе* по всем квалификационным признакам: по цели и задачам исследования; по основным положениям, выносимым на защиту; по определению актуальности, научной значимости, новизны, практической ценности и др.

5.3. *Основные выводы и результаты диссертационной работы* соответствуют поставленным задачам исследований и сформулированы автором структурно логично и содержательно емко.

5.4. *Научные публикации* А.И. Марченко, изданные в период работы над диссертацией, *соответствуют тематике диссертационной работы* и с достаточной полнотой отражают ее суть, основные результаты и выводы.

5.5. *Тема и содержание диссертации А.И.Марченко соответствует паспорту специальности 05.14.02 «Электрические станции и электроэнергетические системы»* (далее курсивом по тексту паспорта):

- **по направлению исследования**, связанному с разработкой новой противоаварийной автоматики опережающего сбалансированного деления в электрических сетях с малой генерацией в аварийных условиях в части «...развития и совершенствования теоретической и технической базы электроэнергетики с целью обеспечения экономичного и надежного снабжения потребителей электроэнергией в необходимом количестве и требуемого качества...» в соответствии с формулой специальности;

- **по областям исследования** в соответствии с пунктами паспорта специальности:

6. *Разработка методов математического и физического моделирования в электроэнергетике;*

9. *Разработка методов анализа и синтеза систем автоматического регулирования, противоаварийной автоматики и релейной защиты в электроэнергетике;*

10. *Теоретический анализ и расчетные исследования по транспорту электроэнергии переменным и постоянным током, включая проблему повышения пропускной способности транспортных каналов;*

12. *Разработка методов контроля и анализа качества электроэнергии и мер по его обеспечению.*

- **по объектам исследования** – электроэнергетическим системам – в части «...электрических станций, электроэнергетических систем, электрических сетей...».

Результаты, полученные диссертантом, являются важным и весомым вкладом в теорию, методы и средства противоаварийного управления электроэнергетическими системами, включающими малую генерацию.

6. Анализ содержания диссертации

Диссертация А.И.Марченко состоит из введения, пяти глав, заключения и трех приложений. Полный объем работы составляет 184 страниц, включая 60 рисунков и 32 таблицы. Список литературы содержит 109 наименований.

Во **Введении** обосновывается актуальность направления исследований, сформулированы цель и задачи исследований диссертации, отражены научная новизна и практическая ценность полученных результатов, изложены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе выполнен анализ особенностей и технических решений, обеспечивающих эффективность параллельной работы объектов малой генерации с ЭЭС. Рассмотрены тенденции и причины развития установок малой

генерации в ЭЭС, их виды, системные последствия, требования по безопасности и эффективности, существующие способы обеспечения безопасной параллельной работы агрегатов малой распределенной генерации с электрической сетью. Приведены характеристики объекта исследований – локальной системы электроснабжения на базе малой когенерационной установки.

Во второй главе дано описание предлагаемого автором нового способа противоаварийного опережающего сбалансированного деления электрической сети, включающей внешнюю сеть ЭЭС и схему выдачи мощности малой генерирующей установки. Детально изложена методика расчета уставок пускового органа автоматики опережающего сбалансированного деления. Выполнены исследования эффективности опережающего деления на цифровых моделях ЭЭС с использованием широко используемого известного программного комплекса.

Третья глава посвящена технической реализации прототипа противоаварийной автоматики опережающего деления в составе автоматической системы противоаварийного управления режимами локальной системы электроснабжения с малой генерацией. Приведены характеристики автоматической системы противоаварийного управления режимами ЭЭС и требования к пусковому органу автоматики опережающего сбалансированного деления схемы ЭЭС.

В четвертой главе изложены результаты исследований прототипа автоматики опережающего сбалансированного деления на физической модели ЭЭС. Даны характеристики физической модели прототипа автоматики. Представлена программа исследований и положительные результаты ее реализации, подтвердившие эффективность заложенных в автоматику алгоритмов.

Пятая глава посвящена формулировке и анализу потенциальных системных эффектов при участии установок малой генерации в регулировании режимов электрических сетей при параллельной работе этих установок с внешней ЭЭС. Сформулированные системные эффекты рассматриваются как системные услуги на электроэнергетическом рынке. На примере проблемы качества электроэнергии в части синусоидальности кривых тока и напряжения и симметрии нагрузки по фазам обсуждаются возможности рассмотрения средств повышения качества электроэнергии как системной услуги.

В Заключении приведены основные результаты диссертационной работы.

7. Вопросы и замечания по содержанию диссертационной работы

7.1. Эффективность работы противоаварийной автоматики опережающего сбалансированного деления при синхронной работе локальной системы электроснабжения, содержащей установку малой генерации, с внешней ЭЭС демонстрируется в работе на конкретном примере когенерационной газопоршневой электростанции при локальной схеме выдачи ее мощности. Насколько общими являются полученные выводы об эффективности применительно к

другим случаям, например, когда локальная система электроснабжения представляет район города с несколькими установками распределенной генерации и более развитой электрической сетью?

7.2. Представляется, что оригинальная идея противоаварийной автоматики опережающего деления имеет более широкое применение, чем только случай синхронной работы установки малой генерации на промышленной частоте с внешней ЭЭС, который в основном исследуется в работе. Проблема сбалансированного деления решается для минимизации возникающих после деления небалансов мощности, опасных с точки зрения нарушения устойчивости и чрезмерного аварийного отключения потребителей. Эта проблема актуальна, например, также для локальной системы электроснабжения при использовании ветроагрегатов, подключаемых к электрической сети через выпрямительно-инверторные блоки. Подобных вариантов может быть достаточно много.

7.3. При представлении объекта исследований – локальной системы электроснабжения – приводятся характерные суточный и годовой графики нагрузки потребителей этой системы электроснабжения. Понятно, что острота проблемы покрытия нагрузки при неравномерном электропотреблении снимается за счет синхронной совместной работы когенерационной установки с внешней ЭЭС в нормальных режимах. Вопрос оптимизации таких режимов остается за рамками диссертации. Тем не менее, остается недостаточно ясным возможное влияние подобных режимов на выбор уставок пускового органа предлагаемой автоматики.

7.4. Определения понятий Smart Grid и Micro-Grid, приведенные в диссертации, представляются недостаточно четкими.

7.5. Представленная в главе 3 фраза «...предложенный в работе способ активной синхронизации центров питания...» требует дополнительных пояснений.

7.6. Представляется противоречивой и поэтому недостаточно корректной фраза во втором абзаце выводов по главе 2 «Предложен новый способ безопасного для оборудования включения локальной системы электроснабжения на параллельную работу с внешней энергосистемой, основанный на использовании противоаварийного опережающего сбалансированного отделения локальной системы электроснабжения по специально выделенным сечениям».

8. Общее заключение

Представленная диссертационная работа А.И. Марченко является самостоятельной квалификационной работой, обладающей признаками актуальности, новизны и практической значимости. В ней решена важная научно-техническая проблема разработки и исследования новой противоаварийной автоматики опережающего сбалансированного деления в электрических сетях с малыми установками генерации электроэнергии. Задачи, решаемые в работе, объединены общей оригинальной научной идеей. Эффект использования

предлагаемой автоматики состоит в повышении надежности электроснабжения потребителей, качества поставляемой им электроэнергии и других системных услуг.

Основные научные выводы и практические рекомендации сделаны на основе глубокой и разносторонней проработки различных аспектов предлагаемой противоаварийной автоматики при использовании базовых положений теории устойчивости и противоаварийного управления сложными ЭЭС. Содержание представленной диссертационной работы полностью соответствует паспорту специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы».

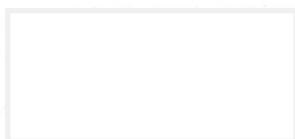
Содержание диссертации соответствует заявленной цели и поставленным задачам и детально отражает последовательность их решения. Диссертация написана технически грамотным языком, выводы и рекомендации изложены аргументировано. Основные научные результаты работы подробно изложены в публикациях из списка ВАК, а также индексированных в международных базах цитирования.

Сделанные в п. 7 замечания носят частный характер и не снижают в целом высокой положительной оценки диссертационной работы.

Диссертационная работа А.И. Марченко полностью отвечает требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а соискатель безусловно заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы».

Официальный оппонент,

Научный руководитель Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук, доктор технических наук (специальность 05.14.16), профессор, член-корреспондент РАН



Николай Иванович Воропай

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт систем энергетики им. Л.А.Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук

Адрес: 664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 130, каб. 206, тел. (3952) 424700, эл. почта: voropai@isem.sbras.ru

*Отзыв получен 01.06.2020
д-р / Демин А.А.
Создан эмкашн.
А.И. Марченко 01.06.2020г.*

