

## «УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по науке  
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный  
университет имени первого Президента  
России Б.Н. Ельцина», к.ф.-м.н., с.н.с.

Кружаев В.В.  
2017 г.

ведущей организации – ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» («УрФУ») на диссертационную работу **Мукатова Бекжана Батыровича** «Управление разделением и восстановлением сети с использованием экспертных технологий», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы»

### **1 Структура и объем диссертационной работы**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка из 104 наименований и приложений. Работа изложена на 161 странице машинописного текста и поясняется 70 рисунками и 4 таблицами.

### **2 Актуальность темы**

В традиционных электроэнергетических системах ключевыми условиями работы являются целостность системы и устойчивость параллельной работы генераторов. Именно они, а также опыт проектирования и эксплуатации таких систем положены в основу общих требований в части устойчивости и живучести. При этом условия работы электроэнергетических систем на распределительном уровне значительно отличаются, в особенности с учетом актуальной тенденции к повсеместному внедрению распределенной малой генерации в распределительных электрических сетях.

Кроме того, в крупных электроэнергетических системах противоаварийное управление носит централизованный характер, тогда как в сложноразветвленных распределительных электрических сетях на порядки больше многообразие режимов, аварийных ситуаций и вариантов управляющих воздействий, определяющих размерность задачи, что делает нецелесообразным или даже невозможным реализацию централизованного управления.

Этим обусловлена необходимость формирования новых подходов к противоаварийному управлению в таких электроэнергетических системах, одним из направлений является реконфигурация сети. Возможность гибкой реконфигурации электрической сети предоставляет обширные возможности для эффективного использования ее структурного потенциала для повышения функциональности. Многие исследовательские работы в этой области делают акцент на ликвидации последствий технологических нарушений, не рассматривая деление и восстановление электрической сети как средство управления режимом и повышения надежности и живучести электроэнергетической системы.

Более того, при формировании методологии противоаварийного управления в электроэнергетических системах на распределительном уровне чрезвычайно важно учитывать необходимость реализации децентрализованной системы управления, что продиктовано структурой электрической сети и необходимостью обеспечить отказоустойчивость системы.

На основании этого диссертационная работа Мукатова Б.Б., посвященная исследованию реконфигурации электрической сети как средства противоаварийного управления и разработке мультиагентных методов принятия решений о реконфигурации в условиях нецелесообразности реализации централизованной системы противоаварийного управления, является актуальной.

### **3 Достоверность и новизна**

**Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций** определяется корректным использованием математического аппарата и средств разработки программного обеспечения, программных средств расчета установившихся и переходных режимов электроэнергетических систем и теории мультиагентного управления, а также непротиворечивостью выводов и подтверждением результатов работы на реальных тестовых схемах.

**Научная новизна** результатов диссертационной работы заключается в:

- разработке мультиагентных методов принятия решений по реконфигурации электрических сетей, содержащих распределенную малую генерацию, и ее реализации на основе систем управления мультиагентного типа;
- разработке программного обеспечения для ЭВМ, предназначенного для исследования потенциала реконфигурации электрической сети и эффективности применения мультиагентного управления;
- обосновании требований к устойчивости и живучести как взаимосвязанным свойствам надежности энергосистем, содержащих распределенную малую генерацию.

#### **4 Ценность для науки и практики**

**Ценность для науки** заключается в том, что:

- диссертантом исследованы особенности применения сбалансированного деления электроэнергетической системы как средства обеспечения ее живучести и надежности;
- предложены методы принятия решений по реконфигурации сети для мультиагентной системы управления электроэнергетической системой с распределенной малой генерацией, доказана возможность децентрализации задачи реконфигурации сети;
- показаны преимущества автоматике опережающего деления по сравнению с существующими способами обеспечения функциональности применительно к электроэнергетическим системам с распределенной малой генерацией.

**Ценность для практики** определяется:

- разработкой методов распределенного принятия решений о реконфигурации электроэнергетической системы, позволяющих формировать мультиагентные системы управления, обеспечивающие открытость присоединения малой генерации к электрическим сетям и высокую надежность энергосистем с распределенной малой генерацией;
- разработкой программного обеспечения, предназначенного для моделирования электроэнергетических систем с мультиагентным управлением, позволяющего проводить дальнейшие исследования его свойств, совершенствовать алгоритмы работы агентов и их взаимодействия;
- разработкой методических рекомендаций по устойчивости и живучести электроэнергетических систем с распределенной малой генерацией, дающих возможность проектирования системной противоаварийной автоматики таких систем с учетом их структурного потенциала надежности.

#### **5 Оценка содержания диссертации**

Объем и содержание диссертационной работы по степени научной новизны и практической значимости удовлетворяют требованиям ВАК Российской Федерации, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Анализ содержания диссертационной работы подтверждает ее завершенность. Содержание диссертации изложено грамотно, в логической последовательности, а принятая терминология и стиль изложения соответствуют общепринятым нормам. Диссертационная работа соответствует специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы».

## **6 Замечания по диссертации**

1. В работе перечислены примеры существующих исследований в области теории реконфигурации электрических сетей – деления и восстановления сети и изменения коммутационного состояния сети с сохранением целостности электроэнергетической системы, но не дана их характеристика, не указаны недостатки и факторы, ограничивающие применение имеющихся разработок в решении поставленной задачи.

2. Альтернативой выбранных предметом исследования мультиагентным системам управления в работе названы системы управления на основе искусственных нейронных сетей, приведен ряд исследований, подтверждающих эффективность этого подхода, отмечается его высокий потенциал. При этом преимущество или бóльшая перспективность применения именно мультиагентных систем не кажутся очевидными, этому аспекту следовало бы уделить должное внимание.

3. Несмотря на то, что в работе одним из недостатков централизованных систем управления названа ненадежность, автором не рассмотрен вопрос надежности распределенной мультиагентной системы управления. Очевидно, что необходимость учитывать возможные отказы агентов приведет к существенному усложнению правил действий агентов, системы связи и системы управления в целом. Не представлено подтверждение тезиса об адекватности функционирования мультиагентной системы управления при потере агентов (с. 98, Выводы).

4. Не освещен вопрос быстродействия предложенной системы управления, основанной на принципах мультиагентного подхода, в особенности в сравнении с существующими системами и другими альтернативами.

5. Алгоритм работы автоматики опережающего деления не включает описание формирования сечения в режиме потребления мощности малой подсистемой. Предполагается ли задание такого сечения вручную с последующей актуализацией по мере изменения схемно-режимой ситуации, автоматический выбор из predetermined вариантов или формирование выполняется как-либо иначе?

Приведенные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы, носят рекомендательный характер и могут быть учтены автором в развитие научного направления.

## **7 Подтверждение основных результатов диссертации в научной печати. Апробация работы**

Результаты диссертации опубликованы в 5 печатных работах, в том числе 4 в рецензируемых изданиях, входящих в перечень рекомендованных

ВАК РФ. Количество публикаций вполне достаточно. Кроме того, получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

Основные положения работы представлялись, докладывались и обсуждались на научных семинарах кафедры автоматизированных электроэнергетических систем НГТУ, семинаре «Low-Carbon Energy Future: Efficient Management of Resources and Energy» (Nazarbayev University, г. Астана, 2016 г.), Российской молодежной научной школе-конференции «Энергетика, электромеханика и энергоэффективные технологии глазами молодежи» (ТПУ, г. Томск, 2016 г).

## **8 Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации**

Автореферат в полной мере отражает содержание диссертационной работы и ее основные положения.

## **9 Научные положения, разработанные лично диссертантом**

Анализ содержания диссертации, опубликованных работ, в том числе работ, опубликованных в соавторстве, показал, что все научные положения, выносимые на защиту, выводы и рекомендации принадлежат диссертанту.

## **10 Результаты диссертационной работы**

Программное обеспечение, разработанное в рамках диссертации, получило положительный отзыв и используется в службе электрических режимов АО «KEGOC» Национальный диспетчерский центр Системного оператора ЕЭС Казахстана, о чем свидетельствует соответствующий акт.

Ряд результатов успешно применен в Новосибирском государственном техническом университете при организации учебного процесса на кафедре электроэнергетических систем факультета энергетики.

## **11 Заключение**

1. Диссертация Мукатова Б.Б. является законченной научно-исследовательской работой и решает научно-техническую задачу повышения живучести и надежности электроэнергетических систем с распределенной малой генерацией, заключающуюся в глубоком исследовании потенциала реконфигурации электрической сети как средства противоаварийного управления и разработке мультиагентных методов принятия решений о реконфигурации в условиях нецелесообразности реализации централизованной системы противоаварийного управления.

2. Диссертация представлена логичным, аргументированным и ясным языком, хорошо оформлена, имеет внутреннее единство и написана единолично, что свидетельствует о личном вкладе в науку. Случаев

использования заимствованного материала без ссылок автора на первоначальный источник не обнаружено. Основные материалы и результаты диссертации опубликованы в ведущих рецензируемых научных изданиях, апробированы на научно-технических конференциях, в том числе и международных, с этих позиций работа отвечает требованиям ВАК к кандидатским диссертациям. Новизна научных и технических решений, а также практическая значимость подтверждена актами с положительными решениями о внедрении результатов работы в службе электрических режимов АО «КЕГОС» Национальный диспетчерский центр Системного оператора ЕЭС Казахстана, а также их реализации в учебном процессе на кафедре на кафедре электроэнергетических систем факультета энергетики Новосибирского государственного технического университета.

3. Научный и технический уровень, высокое качество, внутреннее единство теоретических и практических результатов работы, их новизна и практическая значимость, технико-экономическая целесообразность полностью соответствуют требованиям ВАК к кандидатским диссертациям согласно п. 7 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор Мукатов Бекжан Батырович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы».

4. Отзыв рассмотрен на заседании кафедры автоматизированных электрических систем УрФУ, протокол № 1 от 16 января 2017.

Заведующий кафедрой Автоматизированных  
электрических систем УрФУ,  
д.т.н., профессор

Паздерин Андрей Владимирович

(тел. (343) 375-48-75, +7 91224 19 337, E-mail: [a.v.pazderin@urfu.ru](mailto:a.v.pazderin@urfu.ru), адрес:  
620002, г.Екатеринбург, ул. Мира 19, УрФУ, каф. АЭС, ауд. Э-309)

Ученый секретарь кафедры  
Автоматизированных электрических  
систем

Стаймова Елена Дмитриевна

(тел. (343) 375-95-78, +7 912260 80 78, E-mail: [e.d.staimova@urfu.ru](mailto:e.d.staimova@urfu.ru), почтовый  
адрес: 620002, г.Екатеринбург, ул. Мира 19, УрФУ, каф. АЭС, ауд. Э-309)

*Отзыв получен*  
23.01.2017г.  
*А. П. Русина*

6

*С отзывом ознакомлен*  
дата: 23.01.2017 г.  
*Мукатов Б. Б.*