

## ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук, доцента  
Булатова Юрия Николаевича  
на диссертацию Гуломзода Анвари Хикмат на тему  
**«Новые технологии управления синхронизацией и восстановлением  
нормального режима электрических сетей с распределенной малой генерацией»**  
на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности  
05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы

### **Актуальность выбранной темы**

В современных электроэнергетических системах (ЭЭС) широко применяются установки распределенной генерации, находящиеся вблизи потребителей электроэнергии. Совокупность установок распределенной генерации и потребителей электроэнергии образуют активные системы электроснабжения Mini- и MicroGrid, которые могут работать изолированно или параллельно с ЭЭС. При параллельной работе этих систем с ЭЭС повышается надежность электроснабжения потребителей и качество электроэнергии. Однако, возникающие аварийные возмущения могут привести к отделению Mini- и MicroGrid от ЭЭС, а также к разделению этих систем на части. В связи с этим задачи синхронизации отделившихся частей между собой и с ЭЭС при восстановлении нормального режима работы электрических сетей являются актуальными. Поэтому необходима разработка новых эффективных методов и алгоритмов управления установками распределенной генерации и системами MicroGrid в различных режимах работы.

Таким образом, тема диссертационной работы Гуломзода А.Х., посвященная разработке новых технологий управления синхронизацией и восстановлением нормального режима работы электрических сетей с малой распределенной генерацией, является актуальной.

### **Структура диссертационной работы**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, словаря терминов, списка литературы, включающего 109 наименований, и семи приложений. Общий объем работы составляет 186 страниц, включая 23 таблицы и 103 рисунка.

*Во введении* представлена общая характеристика работы, обоснована актуальность темы диссертационного исследования, сформулированы цели и задачи исследования, представлены научная новизна, теоретическая и

прикладная значимость работы, внедрение и апробация полученных результатов, сформулированы положения, выносимые на защиту.

*Первая глава* посвящена анализу существующих способов синхронизации, а также возможных путей восстановления целостности и нормального режима активной сети с объектами распределенной малой генерации после ее распада на части.

*Во второй главе* обоснованы принципы реализации децентрализованной синхронизации MicroGrid с мощной внешней электрической сетью и частей активной электрической сети с распределенной малой генерацией между собой, приведен и исследован специальный способ децентрализованной синхронизации аварийно или противоаварийно разделившихся частей сети.

*Третья глава* посвящена проведению испытаний разработанного прототипа автоматики децентрализованного восстановления целостности и нормального режима электрической сети с множеством распределенных MicroGrid после аварийно или противоаварийного разделения сети на части.

*В четвертой главе* представлены результаты анализа текущего состояния малой энергетики Таджикистана для оценки перспективности формирования активных электрических сетей с распределенной малой генерацией, основу которой составляют малые гидроэлектростанции. Приведены результаты исследования возможности применения модифицированного алгоритма синхронизации для «мягкого» включения MicroGrid на параллельную работу с внешней сетью для района реальной распределительной сети Таджикистана.

*В заключении* представлены обобщающие выводы по диссертационной работе.

### **Новизна исследований и полученных результатов**

1. Предложен и исследован способ децентрализованной синхронизации и восстановления нормального режима аварийно разделенной электрической сети с генераторами.

2. Разработаны алгоритмы, осуществляющие специальное управление мощностью и возбуждением генераторов в процессе синхронизации.

3. Разработан прототип автоматики, которая без обмена данными осуществляет децентрализованное управление синхронизацией и восстановление целостности сети после ее распада на работоспособные части.

4. Разработан модифицированный алгоритм улавливания синхронизма для удаленной синхронизации частей сети с наличием источников малой генерации.

5. Экспериментально подтверждена работоспособность предложенных способов и алгоритмов децентрализованного управления синхронизацией на физической модели.

#### **Обоснованность и достоверность**

Научные результаты, представленные в диссертации, обоснованы корректным применением теории автоматического управления и математического моделирования.

Достоверность представленных результатов подтверждена сопоставлением вычислительных экспериментов, проведенных в программно-вычислительном комплексе «Rustab – RastrWin3», и экспериментальных исследований на электродинамической модели электроэнергетической системы.

#### **Значимость для науки и практики**

Решена актуальная научно-техническая задача децентрализованной синхронизации активных частей сети, в т.ч. MicroGrid без обмена информацией между участвующими в ней устройствами.

Запатентованный способ удаленной синхронизации реализован в прототипе автоматики децентрализованного управления синхронизацией.

#### **Соответствие содержания диссертации указанной специальности**

Представленная диссертационная работа соответствует пунктам 6 (Разработка методов математического и физического моделирования в электроэнергетике) и 9 (Разработка методов анализа и синтеза систем автоматического регулирования, противоаварийной автоматики и релейной защиты в электроэнергетике) паспорта специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

#### **Соответствие содержания автореферата содержанию диссертации**

Автореферат соответствует содержанию диссертации и достаточно полно отражает основные результаты выполненных исследований.

#### **Дискуссионные положения и замечания по диссертационной работе и автореферату**

К замечаниям по диссертационной работе и автореферату можно отнести следующее:

1. В диссертационной работе на стр.69 указано, что для синхронизации разделившихся частей предлагается запускать с помощью АРВ и АРС изменения напряжения и частоты. При этом на рис.2.21 максимальное отклонение частоты от номинального значения принято в 10%. Такое отклонение частоты может привести к срабатыванию защит энергоблоков.

2. На осциллограммах процесса синхронизации (рис.2.31–2.36 в диссертации и рис.10 в автореферате) корректнее было бы указать не «Угол», а «Взаимный угол».

3. При проведении экспериментального исследования на электродинамической модели, описание которого приводится в главе 3 диссертации, подтверждена работоспособность способа децентрализованного восстановления целостности и нормального режима нескольких разделенных частей сети. При этом отсутствует информация о параметрах условий синхронизации в момент включения на параллельную работу генераторов, а также возникают достаточно большие толчки токов (например, рис.3.17 и рис.3.23 диссертации).

#### **Направления дальнейших исследований и внедрения.**

Целесообразно дальнейшее развитие предложенного в диссертации способа децентрализованной синхронизации и восстановления нормального режима аварийно разделенной электрической сети с генераторами и дальнейшее испытание на более полных и сложных математических и физических моделях электроэнергетических систем с созданием опытного образца автоматики.

Внедрение полученных результатов рекомендуется в организациях, занимающихся вопросами проектирования, эксплуатации и управления режимами электроэнергетических систем с установками распределенной генерации.

#### **Заключение о соответствии диссертационной работы критериям положения о порядке присуждения ученых степеней.**

Диссертационная работа Гуломзода Анвари Хикмат на тему «Новые технологии управления синхронизацией и восстановлением нормального режима электрических сетей с распределенной малой генерацией» актуальна, обладает элементами научной новизны, имеет практическое значение и является законченной научно-исследовательской работой.

Диссертация отвечает пп.9 - 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842 (в последней редакции), и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой предложены новые технологии и методы управления синхронизацией и восстановлением нормального режима работы электроэнергетических систем с установками малой распределенной генерацией.

Общее количество работ соискателя по теме исследования – 12. Соискателем опубликовано 4 статьи в журналах, входящих в перечень ведущих рецензируемых изданий ВАК Российской Федерации, 2 статьи – в научных изданиях, индексируемых в первом и втором кварталах наукометрических баз данных Scopus и Web of Science, и 5 статей – в сборниках материалов и трудов конференций. Публикации автора в полной мере отражают основные результаты исследований, которые были апробированы на научных международных и всероссийских конференциях.

Таким образом, представленная научная работа соответствует требованиям Высшей аттестационной комиссии РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Гуломзода Анвари Хикмат заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

Автор отзыва: кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой энергетики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Братский государственный университет"

Булатов Юрий Николаевич

2022

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Братский государственный университет"  
665709, Иркутская область, г. Братск, ул. Макаренко 40,  
тел.: 8 (3953) 344-000, доб. 354, 355, e-mail: feia@brstu.ru

Отзыв получен 05.09.2022 г. Д.А. / Осенчук А.А. /  
С отзывом ознакомлен 05.09.2022 г. Д.А. / Гуломзода А.Х. /