

«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор Институт

энергетики Таджикистана

к.х.н., доцент Д.Т. Исозода



2024 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу **Ибрагимова Бахтиёра Фатхуллоевича** на тему «Моделирование и оценка состояния электроэнергетической системы в условиях аварийного дефицита активной мощности (на примере энергосистемы Таджикистана)», представленную на соискание ученой степени доктора философии (PhD) – доктора по специальности 6D071800 – Электроэнергетика (6D071804 – Энергетические системы и комплексы).

1. Актуальность темы диссертационной работы

В настоящее время практически во всех научных исследованиях используется метод решения задач цифровым моделированием, который представляет собой способ изучения реальных процессов, устройств, систем, событий, основанный на рассмотрении их математических описаний - моделей с помощью вычислительных комплексов.

Очень важным в области современной электроэнергетики является моделирование и анализ динамических процессов, связанных с аварийным дефицитом активной мощности, требующих обработки больших объемов, данных с целью достижения высокой технической эффективности, а также с последующим отображением результатов пользователю. Вычислительные комплексы в основном разрабатываются по общим принципам и содержат общепринятые компоненты. Почти во всех вычислительных комплексах, в том числе ведущих, отсутствуют компоненты и функции некоторых устройств. Одним из них является устройство автоматической частотной разгрузки (АЧР), которое предназначено для устранения дефицита активной мощности в энергосистеме (ЭС) и ни в одном из ведущих вычислительных комплексов не предусмотрено как отдельный компонент.

Современные ведущие вычислительные комплексы содержат некоторые недостатки, и в них, используются одноузловые модели ЭС с устройствами АЧР. В практике АЧР включается множество отдельных устройств, которые размещаются в десятках и даже более узлах ЭС в соответствии с объемом и

прогнозом дефицита активной мощности, и по расчету эти устройства требуют особенной настройки.

Зарубежные разработчики вычислительных комплексов исключительно полагаются на нормативно-технические требования, актуальные в западных странах. Их работа опирается на стандарты, разработанные Институтом инженеров электротехники и электроники (IEEE) и Международной электротехнической комиссией (IEC). В этих стандартах не присутствуют такие понятия, как АЧР-1, АЧР-2 и частотное автоматическое повторное включение (ЧАПВ). Соответственно, разработанные программы в этом смысле малопригодны для научных исследований и эксплуатационных расчетов. Анализ объема разгрузки, и корректировка требуемых настроек в модели должны соответствовать условиям реальной ЭС. За счет работы устройств АЧР без вмешательства человека обеспечивается предотвращение и ликвидация аварийных ситуаций, а также восстановление нормального режима работы ЭС.

Возникновение крупных аварий в энергосистемах развитых стран: США-1977 г., Франция-1978 г., Швеция и СССР-1983 г., Канада-1996 г. и Россия 2005 г., стимулировало развитие систем и технологии совершенствования в области противоаварийной автоматики. В ряду и крупные аварии, возникшие в ЭС РТ в последние годы (09.11.2009 и 28.10.2016 г.), в результате которой 70 % страны остались без электроэнергии в течение нескольких часов и привело к большому экономическому ущербу. Данные обстоятельства требуют исследования и систематического изучения проблемы потенциальных отключений электроэнергии в энергосистеме Таджикистана.

Эти факторы определяют актуальность темы данной работы, в которой разрабатывается компонент для моделирования процессов аварийного снижения частоты в ЭС и поведение системы АЧР, который позволяет применять на вычислительных комплексах, компилятором которого служат языки программирования высокого уровня.

2. Структура и объем диссертации

Текст диссертационной работы написан грамотным техническим языком. Работа содержит введение, три главы, выводы и заключение, изложенных на 157 страницах, а также содержит 81 иллюстрации, 10 таблиц, библиографический список на 129 наименований и приложение.

Введение является фундаментальной частью научной работы, где обосновывается актуальность выбранной темы, сформулирована цель и поставлены задачи, показана структура диссертации, охарактеризованы научная новизна и практическая ценность итогов исследования.

В первой главе проведен исследовательский анализ новейших вычислительных комплексов, которые широко используются для анализа и решения различных задач ЭС. Рассмотрена динамика снижения частоты в ЭС при дефиците генерации, причины возникновения аварий и принципы реализации частотной разгрузки в ЭС. А также рассмотрена разработка компонента АЧР, который ни в одном из ведущих вычислительных комплексов не предусмотрен как отдельный компонент. Компонент разрабатывается с учетом всех действующих нормативных требований по установке и настройке системы АЧР.

Во второй главе рассмотрены состояние, особенности, структура и иерархия, основные индикаторы развития ЭС РТ. Так как ЭС РТ в основном состоит из ГЭС, соответственно были рассмотрены особенности ЭС с гидравлическими источниками генерации. Были рассмотрены причины возникновения аварий и приведена статистика возникновения аварий в ЭС РТ. Использовались модели элементов ЭС и устройств ПА для анализа переходных процессов, а также была разработана компьютерная модель ЭС РТ с учетом ввода новых объектов, позволяющая выполнить расчет и анализ установившихся и переходных режимов. Верификация работы модели выполнена путем сравнения ее работы с реальными данными режима работы ЭС.

В третьей главе была произведена проверка работоспособности устройства АЧР путем математического моделирования, рассмотрены верификации разработанного программного компонента устройства АЧР с использованием метода физико-математического моделирования.

В заключении сформулированы основные результаты, полученные при решении поставленных задач и обеспечившие достижение цели диссертационной работы.

Анализ поставленных задач, методов и алгоритмов их решения, свидетельствует о единстве структуры и содержания работы.

3. Научная новизна и значимость результатов диссертационной работы

Научная новизна основных положений и результатов работы заключаются в следующем:

3.1. Разработан программный компонент АЧР (АЧР-1, АЧР-2 и ЧАПВ) для предотвращения аварийного снижения частоты в ЭС.

3.2. Разработана методика проверки микропроцессорного терминала (МПТ) путем экспериментального моделирования применительно к устройствам АЧР.

3.3. Впервые на базе вычислительного комплекса PSCAD разработана расчетная модель ЭС РТ с учетом ввода новых объектов для анализа и расчета установившихся и переходных режимов.

4. Практическая значимость и реализация результатов работы

4.1. Разработанный программный компонент используется при проектировании системы АЧР в энергодефицитных ЭС и для исследования переходных процессов, связанных с аварийным снижением частоты в ЭС.

4.2. Разработанная методика проверки АЧР с использованием компьютерно-управляемой испытательной системы, позволяющая выполнять тестирование МПТ, реализующего функции АЧР может быть использована при проверке вводимых в эксплуатацию новых объектов и проведении плановых профилактических испытаний.

4.3. Разработаны научно-подтвержденные технические рекомендации и требования по применению компонента АЧР в среде программных комплексов для проведения исследования изменения частоты в ЭС.

4.4. Результаты разработок успешно внедрены в учебный процесс по курсу «Спецвопросы противоаварийной автоматики» и «Автоматика энергосистем» для выполнения научных работ магистрантов в ТГУ имени академика М.С. Осими и Департаменте выработки гидро и тепловых станций ОАО «Барки Точик»

5. Соответствие содержания паспорту специальности

Содержание диссертации соответствует следующим пунктам Паспорта специальности 6D071800 – Электроэнергетика (6D071804 – Энергетические системы и комплексы):

пункт 2 – «Математическое моделирование, численные и натурные исследования физико-химических и рабочих процессов, протекающих в ЭС» относится к созданной программной модели ЭС, программа, разработанная в рамках данного исследования, обладает высокой гибкостью и уникальными возможностями, позволяющими систематически анализировать процессы возникновения дефицита мощности и работы АЧР;

пункт 6 – «Разработка и обоснование алгоритмов и принципов действия устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики для распознавания повреждений, определения мест и параметров повреждающих воздействий в ЭС» относится обоснование разработанного программного компонента для определения значения частоты и применение соответствующих мер по предотвращению ее дальнейшего снижения и возникновении системной аварии;

пункт 7 – «Разработка цифровых и физических методов анализа и мониторинга режимных параметров основного оборудования электростанций,

подстанций, электрических сетей, ЭС» относится обоснование разработанного метода апробации АЧР с помощью цифровых и физических испытательных систем, позволяющая тестировать МПТ, реализующего функции АЧР может быть использована при проверке вводимых в эксплуатацию новых объектов и проведение плановых профилактических испытаний;

пункт 9 – «Разработка методов расчета и моделирования установившихся режимов, переходных процессов и устойчивости ЭС, комплексов, электрических станций и сетей, включая технико-экономическое обоснование технических решений, разработка методов управления режимами их работы» относится обоснование разработанного модели ЭС, для анализа и расчета установившихся и переходных режимов ЭС.

6. Апробация и публикация результатов диссертационной работы

Основные материалы и результаты исследованной диссертационной работы докладывались и обсуждались на международных конференциях и научных семинарах. По результатам исследований работы опубликовано 11 печатных работ, в том числе 4 работы в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан и Российской Федерации, получен свидетельств о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Автореферат диссертации и публикации полностью отражают содержание и научные результаты, полученные автором в работе.

7. Замечания по диссертации

7.1. В диссертации из рисунков 1.2, 1.8, 1.10, 2.9, 2.32, 3.26, а также в автореферате из рисунков 1.1, 2.4, невозможно понять, что приведены какие кривые линий что обозначают. Нужно было написать обозначение кривых линий на каждом рисунке.

7.2. На странице 5 в автореферате и на странице 7 в диссертации. «Предметом исследования диссертационной работы является режим аварийного снижения частоты в энергосистеме на примере энергосистемы Республики Таджикистана (ЭС РТ)». Следующие фразы **на примере энергосистемы Республики Таджикистана (ЭС РТ)** должны быть написаны в объекте исследования. В предмете исследования не упоминается объект исследования.

7.3. На странице 5 в автореферате и на странице 8 в диссертации. **Научная новизна исследования.** «Разработана методика проверки микропроцессорного терминала (МПТ) путем экспериментального моделирования применительно к устройствам АЧР». Из текста диссертации сложно понять в чем заключается

разработки методики проверки микропроцессорного терминала (МПТ) путем экспериментального моделирования применительно к устройствам АЧР. **Можно было написать впервые проверены работоспособность разработанного компонента АЧР путем экспериментального исследования в микропроцессорном устройстве MiCOM P139.**

7.4. **Таблица 1.1. – Сопоставление функциональных аспектов современных вычислительных комплексов.** корректность сравнения функциональности современных программных систем как инструмента исследования весьма сомнительна. Например, пакет программного обеспечения ЕТАР обладает возможностями в пакете (Real-time) для проведения моделирования, интеграции и анализа параметров электрооборудования в режиме реального времени.

7.5. **2.1 Состояние, особенности, структура и иерархия энергосистемы Таджикистана.** Согласно структуре диссертации, она должна быть написана в первой главе.

7.6 **2.3. Моделирование энергосистемы Таджикистана.** Приводится метод моделирования каждого элемента в отдельности. **Однако не написано, какие влияющие факторы не были приняты во внимание.** Поскольку, принимая во внимание все промежуточные факторы, трудно смоделировать даже один элемент.

7.7. Из рисунков 3.3., трудно проанализировать и оценить возникающий процесс при нехватке активной мощности. Следовало проработать полученные результаты моделирования и построить более понятные графики, чтобы читатель понимал, какие переходные процессы происходят.

Высказанные замечания не снижают достоинств диссертационной работы Ибрагимова Б.Ф., её основные положения достаточно полно раскрыты в автореферате и публикациях диссертанта.

Работа составлена логично, читается с интересом, основные результаты опубликованы. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

8. Общее заключение

Тема диссертации Б.Ф. Ибрагимова важна и актуальна. Работу следует отнести к специальности 6D071800 – Электроэнергетика (6D071804 – Энергетические системы и комплексы). Основные результаты диссертации являются новыми. Решен ряд достаточно трудных оптимизационных задач.

В целом диссертация является завершенным научным исследованием, вносящим заметный вклад в энергетической отрасли Республики Таджикистан. Автореферат диссертации полно и правильно отражает её содержание.

Представленные в диссертации результаты будут востребованы в дальнейших изысканиях по изучению и использованию разработанного компонента, реализующего функции АЧР, с целью предотвращения и эффективной ликвидации возникающих аварийных ситуаций, связанных с дефицитом активной мощности и аварийным снижением частоты в ЭС. Она может быть интересна для научных и образовательных учреждений, в которых ведутся исследования по данной тематике. Кроме того, полученные результаты могут служить материалом для различных университетских курсов и спецкурсов.

На основании вышеприведенного можно заключить, что диссертация Ибрагимова Бахтиёра Фатхулловича соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по действующему «Положению о порядке присуждения ученых степеней», а её автор заслуживает присуждения ученой степени доктора философии (PhD) – доктора по специальности 6D071800 – Электроэнергетика (6D071804 – Энергетические системы и комплексы).

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден на заседании кафедры «Релейная защита и автоматика» Институт энергетики Таджикистана. "29" 01 2024 г., протокол № 5.


Заведующий кафедрой «Релейная защита и автоматика» ИЭТ, к.т.н.

 Д.Ю. Гулов

Подпись Д.Ю. Гулов
Начальник ОК и СР «ИЭТ»

заверяю:



 З.А. Каримов