



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

заседания ученого совета энергетического факультета
Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими

Диссертация на тему **«Моделирование и оценка состояния электроэнергетической системы в условиях аварийного дефицита активной мощности (на примере энергосистемы Таджикистана)»**, выполнена на кафедре «Релейная защита и автоматизация энергосистем» Энергетического факультета Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими.

В период подготовки диссертации докторант PhD Ибрагимов Бахтиёр Фатхуллоевич с 2019 по 2022 года проходил обучение в очной докторантуре на кафедре «Релейная защита и автоматизация энергосистем» Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими.

В 2017 г. соискатель окончил бакалавриат в национальном исследовательском университете «МЭИ» в г. Москва по направлению «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем». В 2019 г. соискатель окончил магистратуру в национальном исследовательском университете «МЭИ» в г. Москва по направлению «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем».

Выдан транскрипт о сдаче комплексных экзаменов в Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими.

Научный руководитель – Мирзозода Борбад Мирзо, кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой «Релейная защита и автоматизация энергосистем» Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими.

На заседании Ученого совета энергетического факультета присутствовали: Рахимзода Дж.Б. (к.т.н., доц. Декан Энергетического факультета), Вохидов М.М. (к.т.н., доц. зам. декана Энергетического факультета), Хасанзода Н.(к.т.н., доц. зам. декана Энергетического факультета), Бобозода Ш.А. (зам. декана Энергетического факультета), Исмоилов Ф.О. (зав. каф. «Электроснабжения», к.т.н., доц.), Балаев М.А. (к.т.н., доц.), Султонзода Ш.М. (зав. каф. «Электрические станции», к.т.н., доц.), Касобов Л.С. (к.т.н., доц.), Киргизов А.К. (зав. каф. «ТОР и Э», к.т.н., доц.) – *первый рецензент по*

работе, Диёрзода Р.Х. (зав. каф. «АЭП и ЭМ», к.т.н., доц.) – второй рецензент по работе, Мирзозода Б.М. (зав. каф. «РЗиАЭС», к.т.н., доц.), Тагоев С.А. (зав. каф. «Т и ТЭ», к.т.н., доц.), Нариддинов А. (зав. каф. «Физика», к.т.н., доц.), Ёдалиева З. Н. (к.т.н., доц.), Косимов У.У. (к.т.н., доц.), Абдурахмонов А.Я. (к.т.н., доц.) и Пирмадов М.Д. (к.т.н., доц.).

Всего присутствовало 17 человек.

По результатам рассмотрения диссертационной работы Б.Ф. Ибрагимова на тему «Моделирование и оценка состояния электроэнергетической системы в условиях аварийного дефицита активной мощности (на примере энергосистемы Таджикистана)» принято следующее заключение:

1. Актуальность темы диссертационного исследования

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 малоприспособлены 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.

Диссертационное исследование Б.Ф. Ибрагимова выполнено в рамках тематики научно-исследовательской работы кафедры «Релейная защита и автоматизация энергосистем» Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими.

2. Научная новизна

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Разработан программный компонент АЧР (АЧР-1, АЧР-2 и ЧАПВ) для предотвращения аварийного снижения частоты в ЭС.
2. Разработана методика проверки микропроцессорного терминала (МПТ) путем экспериментального моделирования применительно к устройствам АЧР.
3. Впервые на базе вычислительного комплекса PSCAD разработана расчетная модель ЭС РТ с учетом ввода новых объектов для расчета и анализа установившихся и переходных режимов.

3. Теоретическая и практическая значимость диссертации и использование полученных результатов

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

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

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

4. Результаты разработок внедрены в учебном процессе по курсу «Автоматика энергосистем», «Спецвопросы противоаварийной автоматики» для выполнения научных работ аспирантов, магистрантов в ТТУ имени академика М.С. Осими и Департаменте выработки гидро и тепловых станций ОАО «Барки Точик».

4. Степень достоверности результатов проведенных исследований

Достоверность результатов данной работы определяется несколькими факторами. Прежде всего, это правильное использование математического аппарата, который является основой для проведения аналитических расчетов и моделирования. Для обеспечения более точных результатов, в работе использовались моделирующие комплексы, которые были предварительно апробированы и протестированы признанными научными центрами. Это позволяет гарантировать надежность и достоверность полученных результатов.

Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на международных конференциях, научных семинарах и технических совещаниях:

-Международной научно-практической конференции «Перспектива развития науки и образования» (Душанбе, 2019г.); на Международной научно-практической конференции «Электроэнергетика Таджикистана: Актуальные проблемы и пути их решения» (Душанбе, 2019г), на Международной научно-практической конференции «Электроэнергетика региона: Состояние и перспективы развития» (Душанбе, 2019), на Международной научно-практической конференции «Энергетика: Состояние и перспективы развития» (Душанбе, 2021г.), на Международной научно-практической конференции «Энергетика: Состояние и перспективы развития» (Душанбе, 2022г.), на двадцать девятой международной научно-технической конференции студентов и аспирантов REEP «Радиотехника, Электротехника и Энергетика» (Москва, 2023).

5. Соответствие содержания диссертации специальности 6D071800– «Электроэнергетика» (6D071804- «Энергетические системы и комплексы»)

По своей цели, задачам, методам исследования и научной новизне диссертационная работа 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 энергетических системах» относится к созданной программной модели ЭС, а также программа и методика исследования процессов возникновения дефицита мощности и работы АЧР с использованием разработанного компонента в среде PSCAD.

- 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 энергетических системах, комплексах и системах энергоснабжения» относится обоснование разработанного программного компонента для определения значение частоты и применения соответствующих мер по предотвращению ее дальнейшего снижения и возникновения 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. Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации

Актуальность и идея темы диссертации основывается на работах автора как ведущего специалиста по релейной защиты и противоаварийной автоматике в энергетической компании «Барки Точик», при преподавании предметов в области релейной защиты и автоматики в филиале Национального исследовательского университета «МЭИ» в городе Душанбе, а также при постановление цели и задач исследования, изучении путей их решения, разработке программного компонента и методике экспериментов и

компьютерное моделирование, при проведении экспериментов с использованием программно-аппаратного комплекса, при оценке, обобщении, получении научных результатов и решений по работе.

7. Полнота изложения материалов диссертации в опубликованных работах

Основные положения диссертации подробно изложены в следующих опубликованных работах. Всего опубликовано 11 печатных работ, в том числе 4 работ в рецензируемых печатных изданиях Российской Федерации и Республики Таджикистан по перечню ВАК. Получены 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. В работах, опубликованных в соавторстве, личный вклад автора составляет не менее 60 %.

Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК при Президенте РФ и РТ

[1-А] **Ибрагимов Б.Ф.** Анализ возможностей современных вычислительных моделирующих комплексов для решения электротехнических задач [Текст] / Б.М. Гиёев, Б.Ф. Ибрагимов, А.М. Расулов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. № 4 (56) 2021. – С. 6 – 13.

[2-А] **Ибрагимов Б.Ф.** Разработка программного компонента АЧР среды вычислительного комплекса PSCAD [Текст] / Б.М. Гиёев, Б.Ф. Ибрагимов//Научно-практическое издание «Релейная защита и автоматизация» – Москва – 2022. – №04(49). – С.49-53.

[3-А] **Ибрагимов Б.Ф.** Верификация программного компонента АЧР с использованием метода экспериментального моделирования [Текст] / Б.М. Гиёев, Б.Ф. Ибрагимов// Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. № 4 (60) 2022. – С. 44 – 51.

[4-А] **Ибрагимов Б.Ф.** Проверка работоспособности разработанного компонента АЧР посредством математического моделирования в среде PSCAD [Текст] /Б.Ф. Ибрагимов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. № 1 (61) 2023. – С. 52 – 60.

Зарегистрированные программы для ЭВМ

[5-А] Авторское свидетельство ТД №158. «Компьютерная модель для расчета и анализа установившихся и переходных режимов энергосистемы Таджикистана» / Мирзозода Б.М., **Ибрагимов Б.Ф.**, Расулов А.М., Махмадсаидзода М.М./Зарегистрировано в Министерстве культуры Республики Таджикистан 16 марта 2023г.

[6-А] Авторское свидетельство ТД №159. «Программный компонент для моделирования частотной защиты энергосистемы» / Мирзозода Б.М., **Ибрагимов Б.Ф.**, Расулов А.М. / Зарегистрировано в Министерстве культуры Республики Таджикистан 16 марта 2023г.

Статьи в прочих научных изданиях

[7-А] **Ибрагимов Б.Ф.** Совершенствование технических средств и принципов выполнения противоаварийной автоматики энергосистемы Таджикистана / Гиёев Б.М., Ибрагимов Б.Ф., Расулов А.М. /Материалы международной научно-практической конференции “Перспектива развития науки и образования” – Душанбе – 2019. – С. 98-100.

[8-А] **Ибрагимов Б.Ф.** Разработка модели токовой защиты нулевой последовательности в программном комплексе PSCAD / Ибрагимов Б.Ф., Ибрагимов Дж.Ф., Зайнуддинов Х.Х./ Материалы международной научно-практической конференции “Энергетика: Состояние и перспективы развития” – Душанбе – 2021. – С. 259-263.

[9-А] **Ибрагимов Б.Ф.** Разработка алгоритма дистанционной защиты на линиях питающей сети 500 кВ в программном комплексе PSCAD / Мирзозода Б.М., Ибрагимов Б.Ф., Ибрагимов Дж.Ф., Зайнуддинов Х.Х. / Материалы международной научно-практической конференции “Энергетика: Состояние и перспективы развития” – Душанбе – 2021. – С. 264-268.

[10-А] **Ибрагимов Б.Ф.** Анализ вариантов релейной защиты Автотрансформатора 500/220/10 кВ на базе микропроцессорных терминалов / Мирзозода Б.М., Ибрагимов Б.Ф., Ибрагимов Дж.Ф., Зайнуддинов Х.Х. / Материалы международной научно-практической конференции “Энергетика: Состояние и перспективы развития” – Душанбе – 2021. – С. 269-272.

[11-А] **Ибрагимов Б.Ф.** Моделирование работы АЧР с использованием нового компонента АЧР в среде PSCAD/EMTDC // Тезисы докладов. Двадцать девятая международная научно-техническая конференция студентов и аспирантов «Радиотехника, Электротехника и Энергетика»– Москва – 2023. – С. 1207.

[12-А] **Bakhtiyor F. Ibragimov.** Modeling of the UFLS using the new component jf the UFLS in the PSCAD/EMTDC software/ Borbad M. Giyoev, Bakhtiyor F. Ibragimov, Abduvakil M. Rasulov, Manizha M. Mahmamin, Bahodur A. Gayurov / 5th REEPE 2023 «International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering»- Moscow – 2023. – С.190-197.

Монографии и учебные пособия

[13-А] **Ибрагимов Б.Ф.** Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем. Лабораторный практикум для студентов, обучающихся по направлению «Электроэнергетика и электротехника» / Гаюров Б.А., Ибрагимов Б.Ф. / Национальный исследовательский университет «МЭИ», издательство МЭИ, ISBN 978-7046-2519-3– Москва – 2022. – С. 82.

8. Общее заключение

Диссертационная работа Ибрагимова Бахтиёра Фатхуллоевича «Моделирование и оценка состояния электроэнергетической системы в условиях аварийного дефицита активной мощности (на примере энергосистемы Таджикистана)» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему.

Диссертация Б.Ф. Ибрагимова «Моделирование и оценка состояния электроэнергетической системы в условиях аварийного дефицита активной

мощности (на примере энергосистемы Таджикистана)» представляет собой научно-квалификационную работу, соответствующую требованиям и критериям, предъявляемым к диссертациям доктора PhD, установленным Положений о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Республики Таджикистан «О порядке присуждения ученых степеней» № 267 от 30 июня 2021 года. Работа рекомендуется к защите на соискание ученой степени доктора философии (PhD) – доктора по специальности 6D071800 – «Электроэнергетика» (6D071804- «Энергетические системы и комплексы»).

Заключение принято единогласно на заседании Ученого совета Энергетического факультета Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими.

На заседании присутствовало 17 человек. Результаты голосования: «за» – 17 человек, «против» – нет, «воздержалось» – нет.

Протокол № 13 от «17» июня 2023 г.

Председатель заседания,

Дж.Б. Рахимзода

Ученый секретарь заседания,

Ш.А. Бобозода

Независимые рецензенты:

к.т.н. доцент, зав. кафедрой
«Теоретические основы радио
и электротехника»

Таджикского технического университета
им. академика М.С. Осими

А.К. Киргизов

к.т.н., доцент, зав. кафедрой
«Автоматизированные электроприводы
и электрические машины»
Таджикского технического
университета им.
академика М.С. Осими

Р.Х. Диёрзода

Подписи: к.т.н. Рахимзода Дж.Б., Бобозода Ш.А.,
к.т.н. Киргизов А.К. и к.т.н. Диёрзода Р.Х. заверяю:
Начальник отдела кадров и специальных работ

Д.А. Шарипова

