

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию **Джононаева Сайёда Гулмуродовича** «Исследование режимов горной межсистемной связи 500 кВ на примере электропередачи Кыргызстан – Таджикистан», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы

1 Структура и объём диссертации

Диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный технический университет». Состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 107 наименований и приложения. Работа изложена на 148 странице машинописного текста, содержит 87 рисунков и 10 таблиц.

2 Актуальность темы диссертации

Между Таджикистаном, Кыргызстаном, Пакистаном и Афганистаном подписаны Соглашения о торговле электроэнергией и создании Регионального рынка электроэнергии в Центральной и Южной Азии в рамках проекта CASA–1000. CASA–1000 — проект, предусматривающий поставку излишков сезонной выработки электроэнергии из Таджикистана и Киргизии через Афганистан в Пакистан. Всего в рамках этого проекта в Афганистан и Пакистан планируется направить до пяти миллиардов кВт·ч электроэнергии, 70% электроэнергии будет поступать из Таджикистана, оставшиеся 30% – из Кыргызстана. Ощутимая нехватка электроэнергии в Пакистане и Афганистане ожидается уже в ближайшем времени. Проект основан на перспективном предположении наличия достаточного избытка энергии для экспорта в Таджикистане и Киргизии за счет ГЭС.

Первоначально предполагается строительство высоковольтной линии электропередачи переменного тока 500 кВ Датка–Худжанд (Кыргызстан – Таджикистан) протяженностью 477 км, а затем линии постоянного тока Таджикистан – Афганистан – Пакистан (750 км). В странах-экспортерах имеется достаточно избыточной электроэнергии, чтобы обеспечить загрузку этих линий даже без ввода новых вырабатывающих мощностей.

Надежность экспорта электроэнергии в Пакистан и Афганистан зависит от того, насколько надежно будет функционирование энергообъединения «Кыргызстан – Таджикистан». Актуальным вопросом является исследование нормальных и аварийных режимов межсистемной связи 500 кВ Кыргызстан – Таджикистан, проходящей по горной местности, способов ликвидации повреждений на линии, разработка мер по сохранению динамической

устойчивости этого энергообъединения при авариях на межсистемной связи 500 кВ Кыргызстан – Таджикистан.

3 Оценка содержания диссертации

Во введении обосновывается актуальность проведённых в диссертации исследований, а именно исследование режимов межсистемной связи 500 кВ Кыргызстан – Таджикистан, способов ликвидации повреждений на линии, а также разработка мер по сохранению динамической устойчивости этого энергообъединения при авариях на межсистемной связи 500 кВ Кыргызстан – Таджикистан. Сформулированы цель и задачи исследования, определены научная новизна, практическая ценность, указаны положения, выносимые на защиту.

В первой главе диссертации дается общая характеристика энергосистем Кыргызстана и Таджикистана. Далее представлены ключевые аспекты Проекта по передаче и торговле электроэнергией Центральная Азия–Южная Азия (CASA–1000). Цель этого проекта состоит в том, чтобы организовать экспорт электроэнергии из Кыргызстана и Таджикистана в Пакистан и Афганистан. Преимущество данного проекта заключается в том, что у Таджикистана и Кыргызстана имеется высокий потенциал генерирующих мощностей за счет ГЭС, и избыточная энергия может экспортироваться в Пакистан, где острая нехватка электроэнергии прогнозируется уже в обозримом будущем.

Для надежного функционирования энергообъединения Кыргызстан – Таджикистан необходимо сохранение его динамической устойчивости при авариях на межсистемной связи 500 кВ Датка – Худжанд – Душанбе. К наиболее распространенным авариям на ВЛ 500 кВ относятся однофазные короткие замыкания (ОКЗ), доля которых превышает 90% от общего числа аварий. Более половины ОКЗ являются неустойчивыми (дуговыми) и успешно ликвидируются при однофазном автоматическом повторном включении (ОАПВ), что значительно сокращает число возможных нарушений динамической устойчивости.

Во второй главе рассматриваются способы симметрирования нормального режима в линиях сверхвысокого напряжения. Традиционный способ симметрирования режима обычно осуществляется путем транспозиции фазных проводов. Но в тяжелых условиях прохождения трассы (горная местность) транспозиционные опоры существенно усложняют и удорожают линию. Опора, на которой выполнена транспозиция, является слабым местом воздушной линии (ВЛ). Автор предлагает оригинальное решение для симметрирования параметров линии, которое приводит к упрощению конструкции трёхфазной линии. Симметрирование режима осуществляется за счет установки по концам линии элементов взаимной

индукции (ЭВИ) между крайними фазами или в средней части линии. Как показывают расчеты, коэффициенты по обратной последовательности для транспонированной и нетранспонированной с использованием ЭВИ линий находятся практически на одном уровне.

По предварительным расчетам установка элементов взаимной индукции вместо использования транспозиционных опор обходится дешевле на 35–40%.

В третьей главе проводится анализ динамической устойчивости при авариях на линиях 500 кВ, связывающих энергосистемы Кыргызстана и Таджикистана. При объединении Кыргызстана и Таджикистана на параллельную работу возникает задача обеспечения динамической устойчивости этого энергообъединения при авариях на ВЛ 500 кВ Датка – Худжанд и Худжанд – Душанбе. Линия Худжанд – Душанбе это действующий объект, а строительство линии Датка – Худжанд еще только предполагается.

Проанализирован характер динамических переходов при использовании быстродействующего автоматического повторного включения (БАПВ) и ОАПВ различной продолжительности и дана оценка, при каких условиях обеспечивается выдача 1000 МВт из узла Датки в направлении Душанбе. Согласно проекту CASA–1000 предполагается выдача из узла Датки максимальной мощности в размере 1000 МВт.

Анализ динамических переходов при ликвидации аварий на обеих линиях в цикле БАПВ показал, что динамическая устойчивость нарушается. Приемлемой мерой для сохранения динамической устойчивости в этом случае могло бы стать отключение части генераторов Токтогульской гидроэлектростанции (ГЭС). Возможной мерой для сохранения динамической устойчивости при ОАПВ при авариях на ВЛ Датка – Худжанд является отключение части генераторов Токтогульской ГЭС либо применение форсировки возбуждения генераторов, что является более эффективной мерой повышения динамической устойчивости. В работе изложен алгоритм моделирования форсировки возбуждения генераторов. Динамическая устойчивость при авариях на ВЛ Душанбе – Худжанд сохраняется при любой длительности паузы ОАПВ. Эти рекомендации могут быть использованы при возникновении аварийных режимов в межсистемной связи 500 кВ Кыргызстан – Таджикистан.

В четвертой главе рассмотрены особенности осуществления ОАПВ в транспонированных и нетранспонированных линиях 500 кВ с использованием четырехлучевых реакторов.

Представлены и обоснованы расчётные схемы и оригинальные алгоритмы для анализа восстанавливающихся напряжений (ВН) и вторичных

токов дуги (ВТД) в транспонированных воздушных линиях, как для идеальной транспозиции, так и для реальной транспозиции. Показано, что представление реально транспонированной линии как идеально транспонированной недопустимо, так как для реально транспонированной линии ВТД и ВН существенно зависят от того, в какой фазе осуществляется ОАПВ.

Также представлены и обоснованы расчётные схемы и алгоритмы для режимных параметров, определяющих условия гашения вторичной дуги, в нетранспонированных воздушных линиях. Диссертантом предложено техническое решение, которое позволяет снизить вторичные токи дуги и соответственно сократить паузу ОАПВ в нетранспонированных линиях за счёт подключения резервной фазы реактора к соответствующей фазе ВЛ.

Как следует из проведенного анализа, вторичный ток дуги зависит от величины угла между векторами напряжений отправной и приемной систем δ , изменяющегося в процессе динамического перехода. Соответственно длительность искомой паузы ОАПВ, определяющая характер динамического перехода, также зависит от угла δ . В диссертации разработана методика для совместного анализа динамической устойчивости и режима на линии в паузу ОАПВ, позволяющая найти зависимость токов дуги подпитки от максимальной величины угла δ и соответственно искомую паузу ОАПВ.

В пятой главе представлен эффективный способ осуществления адаптивного ОАПВ, основанный на кратковременном одностороннем включении аварийной фазы со стороны промежуточной системы. Предложенный способ адаптивного ОАПВ позволяет с высокой степенью надёжности идентифицировать все возможные случаи неустранившегося однофазного КЗ. Требуемое решение достигается тем, что после двустороннего отключения поврежденной фазы линии осуществляют кратковременное (в пределах 0,1 сек) одностороннее включение аварийной фазы со стороны промежуточной системы, измеряют действующее значение тока этой фазы на включенном конце и сравнивают с заданной уставкой. Техническим результатом является обеспечение высокой степени надёжности адаптивного ОАПВ линий электропередачи при любом числе шунтирующих реакторов (ШР) на линии.

В заключении сформулированы основные результаты по диссертационной работе.

Приложение содержит акты об использовании результатов диссертационной работы.

4 Соответствие диссертации и автореферата паспорту специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы

Материалы диссертации и автореферата соответствует следующим пунктам паспорта научной специальности 05.14.02:

п.6 «Разработка методов математического и физического моделирования в электроэнергетике»;

п.7 «Разработка методов расчета установившихся режимов, переходных процессов и устойчивости электроэнергетических систем»;

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

п.12 «Разработка методов контроля и анализа качества электроэнергии и мер по его обеспечению».

5 Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации

Автореферат отражает основное содержание диссертации.

6 Методы исследования

В диссертационном исследовании применялись методы теоретических основ электротехники и теории электрических цепей с распределенными параметрами, методы математического моделирования несимметричных процессов в линиях на основе теории матриц, а также основы общей теории переходных электромеханических процессов в электроэнергетических системах.

7 Степень обоснованности и достоверности полученных научных положений

Достоверность научных положений подтверждается корректным использованием математического аппарата теории переходных электромеханических процессов в электрических системах и теории волновых процессов в линиях высокого напряжения, обоснованность которых доказана многолетней практикой их применения. Достоверность основывается на программной реализации в среде Mathcad, разработанной методики совместного анализа динамической устойчивости энергообъединения Кыргызстан – Таджикистан и режима на линий в паузу ОАПВ с использованием двух различных методов, дающих совпадающие результаты.

Степень достоверности и обоснованности высокая.

8 Уровень новизны научных положений, выводов и рекомендаций

Научная новизна диссертационной работы Джононаева С. Г. заключается в следующем:

1 Предложено техническое решение для симметрирования нормального режима, основанное на установке в нетранспонированной линии элементов взаимной индукции между крайними фазами.

2 Разработана методика для совместного анализа динамической устойчивости энергообъединения и режима на линии в паузу ОАПВ.

3 Предложен новый эффективный способ осуществления адаптивного ОАПВ, основанный на кратковременном одностороннем включении аварийной фазы со стороны промежуточной системы.

9 Ценность для практики результатов исследования

Практическая ценность работы состоит в рекомендациях, которые могут быть использованы при возникновении аварийных режимов в межсистемной связи 500 кВ Кыргызстан – Таджикистан. Также предложено техническое решение по осуществлению ОАПВ в нетранспонированных линиях путем подключения к фазе, занимающей среднее положение, резервных реакторов, предусмотренных на линии. К отдельному результату, представляющему практическую ценность, следует отнести разработанную программу для уточненного расчета токов дуги подпитки в паузу ОАПВ.

10 Отличие выполненных исследований от других работ

Диссертационная работа Джононаева С.Г. отличается от других работ, выполненных в исследуемой области, целостным подходом к решению поставленной задачи:

- разработана методика для совместного анализа динамической устойчивости энергообъединения и режима на линии в паузу ОАПВ;
- рассмотрены особенности осуществления ОАПВ в транспонированных и нетранспонированных линиях СВН;
- разработан способ осуществления адаптивного ОАПВ, повышающего надежность ликвидации аварий на линии.

11 Личный вклад автора

Представленные в диссертационном исследовании результаты получены как лично автором, так и при его непосредственном участии. Автором самостоятельно выполнен обзор научно-технической литературы, существующих способов симметрирования нормального режима в линиях сверхвысокого напряжения (СВН) и методов расчета переходных электромеханических процессов и режимов на линиях СВН в паузу ОАПВ. Разработана методика для совместного анализа динамической устойчивости двухмашинного энергообъединения и режима на линии в паузу ОАПВ, предложены техническое решение для симметрирования нормального режима и новый эффективный способ осуществления адаптивного ОАПВ.

12 Подтверждение опубликованных основных результатов диссертации в научной печати

По теме диссертационной работы опубликовано 11 печатных работ, в том числе 3 научных статьи в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень рекомендованных изданий ВАК РФ; 1 статья входит в

научнометрическую базу Web of Science; остальные 5 статей в сборниках международных и всероссийских конференций и сборнике научных трудов. Имеются свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ и патент на изобретение.

Материалы диссертации опубликованы с достаточной полнотой.

13 Соответствие полученных результатов поставленной цели и задачам

Полученные результаты соответствуют поставленной цели. Сформулированные задачи решены.

14 Замечания

1 В чем отличие рассматриваемой горной местности от других горных массивов с точки зрения исследуемой темы?

2 В гл. 2 предлагается осуществлять симметрирование режима за счет установки элементов взаимной индукции (ЭВИ) между крайними фазами либо по концам линии, либо в средней части линии. Это позволит снизить уровень несимметрии. Но не сказано, как будет влиять установка ЭВИ на пропускную способность ВЛ.

3 С помощью ЭВИ выравниваются сопротивления взаимной индукции между крайними фазами и между средней фазой и крайними фазами. Несимметрия параметров линии определяется не только индуктивными элементами, но и емкостными. Это обстоятельство не отмечено при рассмотрении ЭВИ в качестве симметрирующего элемента.

4 В подразделе 3.3.1 для повышения динамической устойчивости при авариях на ВЛ Датка-Худжанд предлагается использовать форсировку возбуждения генераторов. Не показано, как выбиралась длительность форсировки?

5 В разделе 4.1 говорится, что вторичные токи дуги (ВТД) и восстанавливающиеся напряжения (ВН) при представлении линии идеально транспонированной и реально транспонированной существенно различаются. Но значения ВТД и ВН для идеально и реально транспонированных линий не приведены. Поэтому непонятно, насколько существенно это различие?

6 В главе 5 при описании предложенного способа адаптивного ОАПВ говорится, что техническим результатом является обеспечение высокой степени надежности адаптивного ОАПВ линий электропередачи при любом числе ШР на линии, включая и случай отсутствия ШР. Почему рассматривается адаптивное ОАПВ без ШР?

7 Более 90 % повреждений на ВЛ СВН приходится на однофазные КЗ. Но не исключены и многофазные повреждения. Какие меры для сохранения динамической устойчивости необходимо предусмотреть в этом случае?

8. В главе 4 используется термин «вторичный ток дуги» (ВТД), а в заключении выводы 2 и 4 сделаны относительно «токов дуги подпитки». Непонятно, речь идет об одном и том же режимном параметре или о разных?

15 Соответствие диссертации критериям «Положения о присуждении учёных степеней»

Диссертационная работа Джононаева С.Г. отвечает требованиям соответствующих п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» утвержденном постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

16 Заключение

Приведённые замечания не снижают актуальности и значимости диссертационной работы Джононаева С.Г. В работе проведено исследование режимов горной межсистемной связи 500 кВ «Кыргызстан – Таджикистан», разработана методика для совместного анализа динамической устойчивости энергообъединения и режима на линии в паузу ОАПВ, предложены техническое решение для симметрирования нормального режима и новый эффективный способ осуществления адаптивного ОАПВ.

Диссертация написана грамотно, автореферат и публикации автора полностью раскрывают её содержание. Работа прошла достаточную апробацию на международных и всероссийских конференциях.

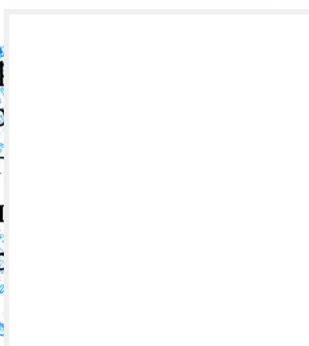
Считаю, что представленная работа «Исследование режимов горной межсистемной связи 500 кВ на примере электропередачи Кыргызстан–Таджикистан» соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Джононаев Сайёд Гулмуродович заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

Официальный оппонент

Сальников Василий Герасимович

доктор технических наук, профессор
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Сибирский государственны
университет водного транспорта», кафед
«Электроэнергетических систем
электротехники», профессор
630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33
тел.+7(913)7019639, E-mail:nsawt_ese@mail.ru

Подпись Сальникова В.Г. заверяю
документовед Гаврилова Е.Ю.



Отзыв получен 26.05.2019г.
С.Г. Джононаев В.Г.
С отзывом ознакомлен
27.05.2019
Джононаев