



С И Б И Р С К И Й
Ф Е Д Е Р А Л Ь Н Ы Й
У Н И В Е Р С И Т Е Т | S I B E R I A N
F E D E R A L
U N I V E R S I T Y

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего обра
«Сибирский федеральный университе

660041, Красноярский край,
г. Красноярск, проспект Свободный, д.
телефон: (391) 244-82-13, тел./факс: (391) 24
http://www.sfu-kras.ru, e-mail: office@sfu-k

ОКПО 02067876; ОГРН 1022402137460
ИНН/КПП 2463011853/246301001

№ _____
от _____
на № _____

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

ФГАОУ ВО «Сибирский

ет»

_____ 2023 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» на диссертацию **Махмудова Кароматулло Азизовича** «Исследование однофазного автоматического повторного включения в четырёхпроводных трёхфазных линиях сверхвысокого напряжения», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.3 – «Электроэнергетика»

Актуальность темы диссертации

Существует ряд возможностей повышения пропускной способности одноцепных линий электропередачи переменного тока, таких как использование компактных линий повышенной натуральной мощности, применение установок продольной компенсации, при которых вопрос надёжности лишь обостряется, поскольку при устойчивых однофазных повреждениях одноцепная линия должна отключаться полностью. Повысить надёжность одноцепной линия электропередачи можно путём использования резервной фазы линии, включаемой вместо поврежденной рабочей фазы при возникновении повреждения на ней. Недостаток указанной линии электропередачи состоит в том, что резервная фаза используется лишь в

кратковременных аварийных режимах, а остальное время остается отключенной.

В диссертации рассматривается новая одноцепная четырёхпроводная трёхфазная линия сверхвысокого напряжения переменного тока с повышенными показателями пропускной способности, надёжности и экономичности. При этом актуальным вопросом является исследование способов ликвидации наиболее вероятных неустойчивых повреждений на такой линии в процессе динамического перехода.

Научная новизна

Результаты диссертационной работы соискателя имеют следующую новизну:

1. Созданы математические модели четырёхпроводной трёхфазной линии и других элементов, связанных с линией;
2. Предложен графический метод расчета вторичных токов дуги в линиях СВН в режиме бестоковой паузы однофазного автоматического повторного включения (ОАПВ);
3. Рекомендованы эффективные способы ОАПВ для успешного гашения дуги подпитки, базирующиеся на использовании управляемых шунтирующих реакторов, а также с применением автоматического шунтирования фазы или полуфазы четырёхпроводной трёхфазной линии;
4. Разработан алгоритм, объединяющий исследование динамической устойчивости и режима в четырёхпроводной трёхфазной линии для определения максимального угла отклонения δ в паузу ОАПВ;
5. Разработан новый способ реализации адаптивного ОАПВ, основанный на кратковременном одностороннем включении аварийной фазы со стороны соответствующей системы.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертационная работа соответствует следующим пунктам паспорта научной специальности 2.4.3. – «Электроэнергетика»:

- **пункту 8** - разработка и обоснование алгоритмов и принципов действия устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики для распознавания повреждений, определения мест и параметров повреждающих (возмущающих) воздействий в электрических сетях;

- **пункту 14** - разработка методов расчета и моделирования установившихся режимов, переходных процессов и устойчивости электроэнергетических систем и сетей, включая технико-экономическое обоснование технических решений, разработка методов управления режимами их работы;

- **пункту 17** - исследования по транспорту электроэнергии переменным и постоянным током, включая проблемы повышения пропускной способности транспортных каналов, разработки и применения FACTS-устройств, накопителей энергии.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

1. Разработана программа для расчета вторичных токов дуги и восстанавливающихся напряжений в паузу ОАПВ в четырёхпроводной трёхфазной линии.

2. Даны рекомендации для осуществления успешного ОАПВ в четырёхпроводных трёхфазных линиях.

3. Предложено техническое решение по осуществлению адаптивного ОАПВ в линиях сверхвысокого напряжения.

Структура и объем диссертации

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный технический университет». Общий объем работы составляет 133 страницы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 66 наименований и двух приложений.

Во **введении** обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи работы, новизна основных научных положений,

представлена теоретическая и практическая значимость полученных результатов.

В **первой главе** проведён обзор проработанных в настоящее время воздушных линий сверхвысокого напряжения, а также представлены основные характеристики рассматриваемой в данной работе четырёхпроводной трёхфазной линии.

Во **второй главе** обоснованы расчетные схемы и алгоритмы для анализа вторичных токов дуги и восстанавливающихся напряжений. Для этого была разработана математическая модель четырёхпроводной трёхфазной линии в фазных координатах для расчёта установившихся процессов. Также в фазных координатах представлены математические модели других элементов, входящих в состав расчетной схемы, таких как неуправляемый и управляемый шунтирующие реакторы, линейный и шунтирующий выключатели, устройство продольной компенсации, сопротивление отпавной системы. Предложено моделирование однофазного повреждения и дугового замыкания.

В **третьей главе** рассматривается применение ОАПВ при ликвидации неустойчивых аварий на четырёхпроводной трёхфазной линии.

Осуществление однофазного автоматического повторного включения в схемах с неуправляемыми шунтирующими реакторами неэффективно с точки зрения гашения дуги в паузу ОАПВ длительностью менее 1,0 сек. Применение управляемых шунтирующих реакторов, позволяющих иметь пофазно различные проводимости, обеспечивает успешное гашение дуги в паузу ОАПВ длительностью порядка 0,5 сек.

Также было рассмотрено осуществление однофазного автоматического повторного включения в четырёхпроводных трёхфазных линиях при использовании автоматического шунтирования фазы, что также является эффективной мерой гашения дуги с длительностью бестоковой паузы не более 0,5 сек.

В **четвертой главе** исследован характер динамических переходов с учётом угловых характеристик в нормальном режиме, режимах однофазного

короткого замыкания, ОАПВ, аварийном режиме; определены максимальные углы отклонения δ , определяющие максимальные вторичные токи дуги.

В данной главе предложена методика совместного анализа динамической устойчивости отправной станции и режима на линии в паузу ОАПВ, которая позволяет определить зависимость вторичных токов дуги от максимального угла δ и таким образом искомую длительность паузы ОАПВ.

В **пятой главе** предлагается новый способ осуществления адаптивного ОАПВ в ВЛ СВН. Используемые в настоящее время адаптивные ОАПВ снижают вероятность включения фазы на завершающей стадии ОАПВ на неустранившееся однофазное КЗ, но полностью не исключают такой ситуации. Предлагаемый в диссертации способ осуществления адаптивного ОАПВ отличается тем, что предварительно вместо двустороннего включения аварийной фазы осуществляется её одностороннее включение. Токи, воздействующие на примыкающие системы при одностороннем включении при наличии на аварийной фазе однофазного короткого замыкания, в несколько раз меньше токов, возникающих в системах при первоначальном однофазном коротком замыкании в исходной схеме.

В **заключении** приведены основные выводы по результатам исследований.

Замечания и вопросы по диссертационной работе

1. В главе 1 (стр. 26) говорится, что для симметрирования режима в четырехпроводной трехфазной линии в нормальных режимах включаются УПК в двух фазах, а также по концам одной из полуфаз подключаются шунтирующие реакторы. Почему не рассматривался традиционный способ снижения несимметрии – транспозиция фаз?

2. В рассмотренных конструкциях четырехпроводной трехфазной линии фазы и полуфазы находятся друг под другом (глава 2, стр. 34-35). Не будет ли такое расположение увеличивать вероятность возникновения межфазовых замыканий при обрывах?

3. В главе 3 (стр.54) для получения зависимости сопротивления дуги от протекающего в ней тока была использована модель дуги в обычной трехфазной линии. Будет ли эта зависимость верна для дуги в ЧТЛ?

4. В послеаварийном длительном трехфазном режиме работы на линии не исключена аварийная ситуация, например, однофазное КЗ. Какие в этом случае должны быть приняты меры для ликвидации этого повреждения?

5. В диссертации фазы и полуфазы обозначаются то $a, b, c1, c2$, то $\Phi1, \Phi0, П\Phi2$ и $П\Phi3$. Почему нет единообразия при обозначении?

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы и не ставят под сомнение достоверность представленных в диссертации результатов.

Общее заключение

Диссертация К.А. Махмудова является законченной научно-исследовательской работой, в которой представлено решение актуальной задачи по исследованию ОАПВ в четырёхпроводных трёхфазных линиях сверхвысокого напряжения.

Содержание диссертации отражает основные идеи работы и полученные в ней результаты, а также раскрывает ее научную и практическую ценность. Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации. По результатам исследований опубликовано 22 научных работы, из них 4 публикации в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК.

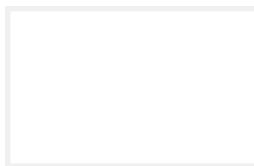
Диссертация Махмудова Кароматулло Азизовича «Исследование однофазного автоматического повторного включения в четырёхпроводных трёхфазных линиях сверхвысокого напряжения» отвечает требованиям, установленным в пп. 9 - 14 Положения о присуждения учёных степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. (с изменениями от 11.09.2021 г.), предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Автор диссертации Махмудов Кароматулло Азизович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.3 – «Электроэнергетика».

Отзыв на диссертацию обсужден и одобрен на заседании кафедры электроэнергетики Сибирского федерального университета, протокол № 1(32) от 01.09.2023 г.

Отзыв подготовлен доктором технических наук, заведующим кафедрой электроэнергетики, профессором Пантелеевым Василием Ивановичем.

Доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой
электроэнергетики



Пантелеев Василий Иванович

Отзыв подготовлен 12.09.2023
С отзывом ознакомлен 02.10.2023 г.
02.10.2023 г.

Проф. Пантелеев В.И.
Махмудов К.А.