

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.347.05,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» МИНОБРНАУКИ РФ, ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА
НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 20 октября 2023 г. протокол № 3

О присуждении Махмудову Кароматулло Азизовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация на тему «Исследование однофазного автоматического повторного включения в четырёхпроводных трёхфазных линиях сверхвысокого напряжения» по специальности 2.4.3 – «Электроэнергетика» принята к защите 30 июня 2023 г. (протокол заседания № 9) диссертационным советом 24.2.347.05, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Минобрнауки РФ, 630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, приказ о создании диссертационного совета №525/нк от 24.03.2023 г.

Соискатель Махмудов Кароматулло Азизович, «01» февраля 1995 года рождения. В 2019 году соискатель окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный технический университет (НПИ) имени М.И. Платова», г. Новочеркасск по направлению 13.04.02 – «Электроэнергетика и электротехника», присуждена квалификация «Магистр». В 2023 году он завершил обучение в очной аспирантуре в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Минобрнауки

РФ. Нормативный период обучения в аспирантуре с 01.09.2019 г. по 31.08.2023 г.

В настоящее время соискатель Махмудов К.А. в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» находится на стажировке на кафедре Автоматизированных электроэнергетических систем, период стажировки с 01.09.2023 г. по 31.12.2023 г.

Диссертация выполнена на кафедре Автоматизированных электроэнергетических систем Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Минобрнауки РФ.

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Красильникова Татьяна Германовна, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», кафедра Автоматизированных электроэнергетических систем, профессор кафедры.

Официальные оппоненты:

Сальников Василий Герасимович, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет водного транспорта», г.Новосибирск, профессор кафедры Электроэнергетических систем и электротехники;

Дони Николай Анатольевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Общество с ограниченной ответственностью Научно-производственное предприятие «ЭКРА», г. Чебоксары, отдел систем релейной защиты и автоматики, директор по науке – заведующий отделом.
дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный

университет» (СФУ), г. Красноярск, в своем положительном отзыве, подписанном Пантелеевым Василием Ивановичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой Электроэнергетики и утвержденном Гуцем Денисом Сергеевичем, проректором по учебной работе ФГАОУ ВО «СФУ», кандидатом психологических наук, указала, что диссертация Махмудова Кароматулло Азизовича является законченной научно-квалификационной работой, соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.3 – «Электроэнергетика».

Соискатель имеет 22 опубликованных работы, в том числе по теме диссертации опубликованы 22 работы, из них 4 статьи в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень рекомендованных ВАК РФ, 5 статей в научных изданиях, индексируемых Scopus /Web of Science, 11 публикаций в сборниках международных и всероссийских конференций и сборнике научных трудов, 2 патента на изобретение Российской Федерации. Недостоверные сведения об опубликованных работах отсутствуют. Авторский вклад в опубликованных в соавторстве работах составляет не менее 60%. Общий объем научных изданий – 14,44 п. л.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

Научные статьи в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК

1. Красильникова, Т.Г. Анализ ликвидации неустойчивых двухфазных коротких замыканий в транспонированных линиях СВН в цикле двухфазного автоматического повторного включения / Т.Г. Красильникова, **К.А. Махмудов**, М.Х. Сафаралиев // Электротехнические системы и комплексы. - 2020. – № 4 (49). – С. 4–10.

2. Красильникова, Т.Г. Графический метод расчета вторичных токов дуги в линиях сверхвысокого напряжения / Т.Г. Красильникова, **К.А. Махмудов** // Электрические станции. - 2021. – № 4 (1077). – С. 35–40.

3. Красильникова, Т.Г. Исследование условий ликвидации неустойчивых однофазных коротких замыканий в линии с параллельными полуфазами 500 кВ / Т.Г. Красильникова, **К.А. Махмудов** // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии - 2021. - Т. 14, № 5. - С. 538–549.

4. Самородов, Г.И. Одноцепная линия сверхвысокого напряжения повышенной пропускной способности / Г.И. Самородов, О.А. Савотин, Т.Г. Красильникова, **К.А. Махмудов** // Электричество. – 2022. – № 8. – С. 40–48.

Публикации в научных изданиях, индексируемых в базе данных Scopus

5. The effect of double-phase auto-reclosing pause duration on the reliability and power transmission throughput under dynamic stability / **К.А. Makhmudov**, T.G. Krasilnikova, A.H. Ghulomzoda, [et al.] // 18 International scientific technical conference alternating current electric drives (ACED), Ekaterinburg, 24–27 May 2021: proceedings. – Ekaterinburg: IEEE, 2021. – 4 p.

6. Analysis of transient recovery voltage and secondary arc current in transposed extra-high voltage lines in a two-phase auto-reclosing / **К.А. Makhmudov**, T.G. Krasilnikova, A.H. Ghulomzoda [et al.]. // Energy Reports. - 2021. - Vol. 7, suppl. 6: the 4 inter-national conference on electrical engineering and green energy, 2021. - P. 56-64.

7. Krasil'nikova, T.G. Graphical method for calculating secondary arc currents of an arc in high-voltage lines / T.G. Krasil'nikova, **К.А. Makhmudov**. // Power Technology and Engineering. - 2021. - Vol. 55, iss. 3. - P. 462-466.

8. Improvement of adaptive single-phase automatic reclosing in extra-high voltage lines / **К. Makhmudov**, T. Krasilnikova, A. Ghulomzoda, I. Zicmane [et al.]. // International Conference and Exposition on Electrical And Power Engineering (EPE–2022): proc., Romania, Lasi, 20-22 Oct. 2022. – Lasi: IEEE, 2022 –P.468–471.

9. Krasilnikova, T.G. The innovative EHV line and its main indicators / T.G. Krasilnikova, **К.А. Makhmudov**, G.I. Samorodov, N.L. Novikov. // Rudenko International Conference “Methodological Problems in Reliability Study of Large

Energy Systems” (RSES 2022). E3S Web of Conferences 384, 01021 (2023). – 5p.

Патент на изобретение:

1. Патент 2727792 Российская Федерация, МПК H02H3/06. Способ адаптивного однофазного автоматического повторного включения линий электропередачи / Т.Г. Красильникова, К.Э. Кошевой, **К.А. Махмудов**; заявитель и патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет». – заявл. 24.12.2019; опубл. 24.07.2020; Бюл. № 20.

2. Патент 2761509 Российская Федерация, МПК H02H 3/06. Способ адаптивного однофазного автоматического повторного включения линий электропередачи / Т.Г. Красильникова, **К.А. Махмудов**; заявитель и патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет». – заявл. 27.04.2021; опубл. 09.12.2021; Бюл. № 34.

На автореферат диссертации поступило 7 отзывов, все отзывы положительные:

1. **ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»**, заведующий кафедрой Электрических систем, кандидат технических наук, доцент Кормилицын Дмитрий Николаевич и руководитель контрактной службы, кандидат технических наук, доцент Голов Валерий Павлович. *Замечания:* 1) о целесообразности рассмотрения распределенного УПК для более равномерного симметрирование режима; 2) о связи несимметрии с сечением фаз и полуфаз; 3) об определении степени компенсации УПК; 4) о причинах повышения натуральной мощности в линии с расширенной конструкцией фаз; 5) об отсутствии учёта активной составляющей сопротивления; 6) об отсутствии изменений предельной передаваемой мощности в послеаварийном режиме по сравнению с исходным режимом.

2. **Бухарский инженерно-технологический институт**, заведующий кафедрой «Энергетика», доктор технических наук, профессор Жалилов Рашид Бабакулович. *Замечания:* 1) об отсутствии в работе рассмотрения варианта с одинаковым сечением фаз и полуфаз; 2) о выборе длины линии для проводимых расчётов.

3. **ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения»**, профессор кафедры «Электроэнергетика транспорта», доктор технических наук, профессор Крюков Андрей Васильевич. *Замечания:* 1) об отсутствии пояснений о снижении несимметрии в четырёхпроводных трёхфазных линиях за счёт УПК; 2) об отсутствии описание матриц, входящих в формулы 1, 2 автореферата.

4. **АО «НТЦ ФСК ЕЭС»**, заместитель научного руководителя, кандидат технических наук Сорокин Дмитрий Владимирович. *Замечания:* 1) об отсутствии исследования экономической эффективности ЧТЛ; 2) о допустимом коэффициенте несимметрии по току обратной последовательности; 3) о причинах отсутствия применения АШФ в трёхфазных линиях.

5) **ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет Петра Великого»**, профессор высшей школы электроэнергетических систем института энергетики, доктор технических наук, профессор Евдокунин Георгий Анатольевич. *Замечания:* 1) об отсутствии пофазного управления для УЩР; 2) об учёте тросов при разработке математической модели ЧТЛ.

6) **Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими**, заведующий кафедрой «Электрические станции», кандидат технических наук, доцент Султонов Шерхон Муртазокулович и доцент кафедры «Электрические станции», кандидат технических наук, доцент Ахъёев Джавод Саламшоевич. *Замечания:* 1) об осуществлении ликвидации ОКЗ в обычных фазах и полуфазах; 2) о зависимости точки пересечения зон.

7) **ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова»**, доцент кафедры «Электроснабжение и электропривод», кандидат технических наук Киво Александр Михайлович. *Замечания:* 1) об отличии ОАПВ для трёхфазных линий и для ЧТЛ; 2) об отсутствии рассмотрения транспозиции для ЧТЛ.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем что, область научных интересов доктора технических наук **Сальникова Василия Герасимовича** связана с вопросами несимметрии в нормальных режимах работы электроэнергетических систем и повышения надежности функционирования линий электропередачи, он имеет большое количество публикаций по тематике, близкой к диссертационной работе, представленной к защите; сфера научных интересов и тематика исследований кандидата технических наук **Дони Николая Анатольевича** включает вопросы, связанные с ликвидацией повреждений на линиях электропередачи, способами контроля состояния отключенной в цикле ОАПВ фазы линии электропередачи с шунтирующими реакторами, повышением надёжности определения факта погасания дуги в цикле ОАПВ, он также имеет значительное количество публикаций, близких по тематике представленной к защите диссертационной работе.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет» – один из крупнейших ВУЗов России, готовящих ученые кадры и выпускающих специалистов в области электроэнергетики и электротехники, занимающихся проблемами управления и развития электроэнергетических систем, в том числе вопросами анализа нормальных и аварийных режимов работы электрических систем, обеспечения динамической устойчивости энергообъединений, моделирования несимметричных режимов работы электрических сетей.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана математическая модель четырёхпроводной трёхфазной линии для анализа вторичных токов дуги и восстанавливающихся напряжений в паузу однофазного автоматического повторного включения;

предложен графический метод расчета вторичных токов дуги в линиях сверхвысокого напряжения в режиме бестоковой паузы однофазного автоматического повторного включения;

доказана перспективность использования нового способа адаптивного однофазного автоматического повторного включения, основанного на кратковременном одностороннем включении аварийной фазы со стороны соответствующей системы;

введено понятие четырёхпроводной трёхфазной линии с выполнением одной из фаз в виде двух параллельно работающих полуфаз, одна из которых в аварийных режимах с повреждением одной из фаз используется как резервная фаза.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана возможность определения реальной паузы однофазного автоматического повторного включения в процессе динамического перехода для четырёхпроводной трёхфазной линии;

применительно к проблематике диссертации результативно использованы методы теории анализа электрических цепей с распределенными параметрами, методы математического моделирования несимметричных режимов в линиях на основе теории матриц и основы общей теории переходных электромеханических процессов в электроэнергетических системах;

изложены положения по адаптивному однофазному автоматическому повторному включению, повышающему надежность работы линий сверхвысокого напряжения;

раскрыта неэффективность использования неуправляемых шунтирующих

реакторов, снабженных нейтральным реактором, для гашения дуги в паузу однофазного автоматического повторного включения длительностью менее 1,0 сек;

изучены особенности неустойчивых аварий в четырёхпроводных трёхфазных линиях и способы их ликвидации на таких линиях при осуществлении однофазного автоматического повторного включения;

проведена модернизация существующих алгоритмов определения восстанавливаемых напряжений и вторичных токов дуги при однофазном автоматическом повторном включении в четырёхпроводных трёхфазных линиях.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработана методика расчета режима однофазного автоматического повторного включения в четырёхпроводной трёхфазной линии и основанная на этой методике программа для расчета вторичных токов дуги и восстанавливаемых напряжений в паузу однофазного автоматического повторного включения в четырёхпроводной трёхфазной линии;

определены перспективы практического применения результатов диссертации с целью снижения вторичных токов дуги в паузу однофазного автоматического повторного включения в четырёхпроводных трёхфазных линиях сверхвысокого напряжения, заключающиеся в использовании их при создании межсистемных связей высокой пропускной способности и надежности;

создана система практических рекомендаций для осуществления успешного однофазного автоматического повторного включения в четырёхпроводных трёхфазных линиях;

представлены предложения по дальнейшему совершенствованию адаптивного однофазного автоматического повторного включения в линиях сверхвысокого напряжения.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

экспериментальные работы не проводились;

теория построена на корректном использовании математического аппарата теории переходных электромеханических процессов в электрических системах и теории волновых процессов в линиях высокого напряжения, обоснованность которых доказана многолетней практикой их применения;

идея базируется на существующем способе ликвидации неустойчивых повреждений в традиционных трёхфазных линиях;

использованы сравнения авторских данных с данными, полученными ранее по однофазному автоматическому повторному включению в традиционных трёхфазных линиях;

установлено отсутствие в независимых источниках результатов по данной тематике;

использованы современные средства компьютерного моделирования расчета аварийных режимов в электроэнергетических системах.

Личный вклад соискателя состоит в том, что автор совместно с руководителем выполнил постановку цели и задач исследования. Автором осуществлен обзор существующих и перспективных путей повышения пропускной способности и надёжности в линиях СВН традиционного типа, предложены методы расчета режимов в четырёхпроводных трёхфазных линиях 500 кВ в паузу ОАПВ. Автором разработан алгоритм для совместного анализа динамической устойчивости отправной станции и режима в ЧТЛ в паузу ОАПВ. При подготовке основных публикаций по диссертационной работе личный вклад соискателя составляет не менее 60%.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

- 1) Из доклада неясно, почему для исследования была взята четырёхпроводная трёхфазная линия напряжением 500 кВ и длиной 500 км.
- 2) В докладе не раскрыты случаи при отказе какого-либо элемента электропередачи с четырёхпроводной трёхфазной линией, и как это повлияет

на надёжность электропередачи.

3) Моделирование дуги основано на результатах исследований американских ученых. Не обосновано, почему результаты исследований советских и российских ученых остались без внимания.

Соискатель Махмудов Кароматулло Азизович аргументировано ответил на все заданные ему в ходе заседания вопросы.

Диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития электроэнергетических систем, и соответствует пп. 9-14 Положения о присуждении учёных степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании 20 октября 2023 г. диссертационный совет принял решение за новые научно обоснованные технические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития электроэнергетики Российской Федерации, присудить Махмудову Кароматулло Азизовичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 9 человек, из них 8 докторов наук по специальности защищаемой диссертации, участвовавших в заседании, из 11 человек, входящих в состав совета, дополнительно введенных на разовую защиту нет, проголосовали: за 9, против нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель диссертационного

Ученый секретарь диссертацион

20 октября 2023 г.

А.Г. Фишов

А. Осинцев