

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 003.017.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТ СИСТЕМ ЭНЕРГЕТИКИ
ИМ. Л.А. МЕЛЕНТЬЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК, МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК
аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 08.06.2021 г. № 15

О присуждении **Нгуену Ты**, гражданину Вьетнама, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация **«Определение электромагнитных влияний высоковольтных и многоамперных ЛЭП на смежные линии»** по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы принята к защите 24 марта 2021 г. (протокол заседания № 5) диссертационным советом Д 003.017.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 130, совет создан приказом Минобрнауки России № 105/нк от 11.04.2012.

Соискатель **Нгуен Ты**, 1991 года рождения, в 2015 году окончил с отличием бакалавриат федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет» по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Электропривод и автоматика», в 2017 году окончил магистратуру этого же университета по направлению 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Компьютерные технологии в электроприводе». С 2017 г. по настоящее время обучается в аспирантуре по направлению подготовки 13.06.01 «Электро- и теплотехника», направленность «Электрические станции и электроэнергетические системы» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Диссертация выполнена на кафедре электроснабжения и электротехники Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Крюков Андрей Васильевич, Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования «Иркутский государственный университет путей сообщения», кафедра электроэнергетики транспорта, профессор.

Официальные оппоненты:

Сидоров Александр Иванович, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», кафедра безопасности жизнедеятельности, заведующий кафедрой;

Коркина Елена Сергеевна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук, отдел электроэнергетических систем, старший научный сотрудник,

дали **положительные отзывы** на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Забайкальский государственный университет», г. Чита, в своем положительном заключении, подписанном Бассом Максимом Станиславовичом, кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой «Энергетика», Суворовом Иваном Флегонтовичом, доктором технических наук, профессором кафедры «Энергетика», Какауоровом Сергеем Владимировичом, кандидатом технических наук, доцентом кафедры «Энергетика», Дейсом Данилом Александровичем, кандидатом технических наук, доцентом кафедры «Автоматизация производственных процессов» и утвержденном Ивановым Сергеем Анатольевичем, доктором технических наук, профессором, ректором Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Забайкальский государственный университет», указала, что диссертация Нгуена Ты является завершенной научно-квалификационной работой, соответствующей критериям, предъявляемым «Положения о порядке присуждения ученых степеней» к кандидатским диссертациям, в том числе, пп. 9-14, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

Соискатель имеет 28 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 28 работ, из них 2 статьи в рецензируемых научных изданиях, определенных ВАК по специальности 05.14.02; две статьи, в зарубежных изданиях, входящих в Web of Science и Scopus. Вклад диссертанта в подготовку статей в соавторстве оценивается как весомый. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Наиболее значимые работы:

1. Моделирование электромагнитных полей в системах тягового электроснабжения с коаксиальными кабелями / Н. В. Буякова, В. П. Закарюкин,

А. В. Крюков, Ты Нгуен. // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2017. Т 21. № 12. С. 138-148.

2. Закарюкин В. П., Крюков А.В., Нгуен Ты. Определение наведенных напряжений, создаваемых трехфазными линиями электропередачи в особых режимах // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2019. Т. 23. № 5. С. 911–923.

3. Natal'ya Buyakova, Vasilij Zakaryukin, Andrey Kryukov, Tu Nguyen. Electromagnetic Safety Enhancing in Railway Electric Supply Systems // E3S, Web of Conferences 58, 01006(2018) RSES 2018, pp. 1 – 6. doi.org/10.1051/e3sconf/20185803003.

4. Natal'ya Buyakova, , Andrey Kryukov, Tu Nguyen, Simulation of Induced Voltages Created by High Tension Cable with Cross-Linked Polyethylene Insulation //Proceedings – 2020 International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2020. pp. 488-492. doi.org/10.1109/RusAutoCon49822.2020.

На диссертацию и автореферат поступило 16 отзывов, все отзывы положительные, отмечают актуальность работы, ее научную новизну и практическую значимость:

1. Самолина Ольга Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электроснабжение и электротехника» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тольяттинский государственный университет» (г. Тольятти). Отзыв содержит *три замечания*:

– Рассмотренные в диссертации высоковольтные и многоамперные ЛЭП могут создавать наведенные напряжения не только на проводах смежных линий электропередачи, но и на протяженных проводящих конструкциях, например, трубопроводах. Возможно ли обобщение предлагаемой методики на определение наведенных напряжений для этой ситуации?

– Каким образом следует моделировать трубы большого диаметра?

– Возможно ли моделирование подземных трубопроводов?

2. Коновалов Юрий Васильевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Электроснабжение промышленных предприятий» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ангарский государственный технический университет» (г. Ангарск). Отзыв содержит *два замечания*:

– Для адекватной оценки результатов компьютерного моделирования отсутствует их сравнение с измерениями на реальных объектах.

– В условиях внедрения новых технологических решений при компьютерном моделировании желательно рассмотреть высокоамперные линии, реализованные на использовании эффекта высокотемпературной сверхпроводимости. Это можно отнести к перспективности дальнейшей разработки темы.

3. Куликова Лидия Васильевна, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Электрификация производства и быта» и **Титов Евгений Владимирович**, кандидат технических наук, доцент, ведущий научный

сотрудник научного управления Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный технический университет им И.И. Ползунова» (г. Барнаул). Отзыв содержит *два замечания*:

– В автореферате не рассмотрен вопрос электромагнитного влияния многофазных и многоцепных воздушных линий электропередачи на отключенные смежные линии.

– Отсутствует нумерация нескольких формул и расшифровка величин j , I , ρ .

4. Сенько Владислав Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизированные электроэнергетические системы» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет», (г. Самара). Отзыв содержит *два замечания*:

– На стр. 13 автором дано описание методики оценки двойных замыканий на землю (ДЗЗ) для линий 6-10-35 кВ. Однако из автореферата не ясно: как в его модели учитывались емкостные токи подпитки места КЗ?

– Каким образом можно снизить наведенные напряжения при их выходе за допустимые пределы в некоторых точках ЛЭП?

5. Долгов Александр Павлович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Автоматизированные электроэнергетические системы» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», (г. Новосибирск). Отзыв содержит *три замечания*:

– Утверждение на стр. 13 о том, что при двойных замыканиях на землю в сетях 35 кВ зависимости наведенных напряжений от координаты x оси, расположенной вдоль трассы ЛЭП, имеют максимумы в точках, отвечающих местам замыканий фаз В или С, следовало бы подтвердить соответствующими графиками.

– На рис. 11 следовало бы указать все коммутационные аппараты, применяемые для реализации рассматриваемой схемы плавки гололеда.

– Возможно ли приводимые в автореферате зависимости (например, рис. 4, 5) представить в виде формул, обобщающих результаты компьютерного моделирования?

6. Дынькин Борис Евгеньевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Электрические станции и электроэнергетические системы» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» (г. Новочеркасск). Отзыв содержит *два замечания*:

– В автореферате встречаются выводы, которые не являются новыми. Например, стр.11, предпоследний абзац.

– В главе 3 при рассмотрении влияния на смежные линии при параллельном и сложном сближении не понятны условия сравнения – взаимное расположение параллельной и произвольно расположенной линии.

7. Банных Павел Юрьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизированные электрические системы» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина» (г. Екатеринбург). Отзыв содержит *два замечания*:

– На рисунке 6 представлены значения наведенных напряжений при различных возмущениях. Почему при несимметричных коротких замыканиях на землю, уровни наведённых напряжений на порядок превышают уровни при коротких замыканиях без земли?

– Рисунки 8, 10, 12 состоят из двух частей. Части обозначены буквами а и б, но в подрисуночных подписях отсутствует пояснение этих частей, что затрудняет восприятие материала.

8. Яковкина Татьяна Николаевна, кандидат технических наук, доцент, декан факультета «Энергетика и автоматика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Братский государственный университет» (г. Братск). Отзыв содержит *два замечания*:

– В тексте автореферата содержится незначительное количество опечаток.

– Из текста автореферата можно заключить, что диссертации рассмотрены различные траектории сближения влияющей ЛЭП линии, подверженной влиянию: параллельная, косая, сложная, включающая параллельные и косые участки. Однако ситуация пересечения указанных линий не упоминается. Возможно ли определение наведенных напряжений для данной траектории сближения?

9. Пантелеев Василий Иванович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Электроэнергетика» Политехнического института и **Бобров Алексей Васильевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электроэнергетика» Политехнического института Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский федеральный университет» (г. Красноярск). Отзыв содержит *три замечания*:

– В работе произведено моделирование на примере высоковольтных ЛЭП 110 кВ и тяговых подстанций. Не рассмотрено влияние ЛЭП классом напряжения 220 и 500 кВ на смежные линии, которое может быть более существенным, чем у линий более низкого класса напряжения.

– Из автореферата диссертации не понятно, возможен ли какой-либо экономический эффект от применения данной методики и в чем он будет выражаться.

– Из автореферата диссертации также не ясно, формулируются ли отдельные рекомендации по изменениям в действующие правила проведения технического обслуживания и ремонта линий электропередач.

10. Попова Наталия Андреевна, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Автоматизированные системы электроснабжения» и **Жарков Юрий Иванович**, доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматизированные системы электроснабжения» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» (г. Ростов-на-Дону). Отзыв содержит *два замечания*

– Снижение индуктивного сопротивления тяговой сети за счет применения коаксиального кабеля в качестве усиливающего элемента приведет к возрастанию токов короткого замыкания. Однако этот вопрос в реферате не рассмотрен.

– На рис. 19 не расшифровано обозначение $R_{\text{рз}}$.

11. Сидоров Олег Алексеевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Электроснабжение железнодорожного транспорта» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Омский государственный университет путей сообщения» (г. Омск). Отзыв содержит *замечание*:

– Наведенные напряжения магнитного влияния пропорциональны частоте, поэтому тяговые сети могут создавать значительные уровни составляющих наведенных напряжений, обусловленных высшими гармониками (рис. 21, стр. 17). Эффективный способ снижения наведенных напряжений может быть реализован на основе применения активных и пассивных фильтров высших гармоник. Однако в главе 4, посвященной методам снижения электромагнитных влияний тяговых сетей на смежные линии, такой способ не рассматривается.

12. Игнатенко Иван Владимирович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Системы электроснабжения» и **Власенко Сергей Анатольевич**, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Системы электроснабжения» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный государственный университет путей сообщения» (г. Хабаровск). Отзыв содержит *два замечание*:

– В тексте автореферата отсутствует графическое пояснение расчетных формул (1) и (2), что затрудняет понимание перехода к расчетной формуле на стр.8 к рис.2.

– Из текста автореферата не понятно, какова длина участка смежной ЛЭП, проходящего вдоль железной дороги из рассматриваемых 50 км при построении зависимостей на рис. 14?

13. Филиппов Сергей Анатольевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Электроснабжение» и **Емельянов Александр Геннадьевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электроснабжение» Забайкальского института железнодорожного транспорта – филиала Федерального государственного бюджетного образовательного

учреждения высшего образования «Иркутский государственный университет путей сообщения» (г. Чита). Отзыв содержит *два замечание*:

– Неясно, рассматривались ли другие теоретические методы определения величины электромагнитных влияний?

– Какие практические рекомендации по повышению электробезопасности реализуются с учетом предложенных алгоритмов?

14. Добрынин Евгений Викторович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Электроснабжение железнодорожного транспорта» и **Блинкова Светлана Александровна**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Электроснабжение железнодорожного транспорта» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный университет путей сообщения» (г. Самара). Отзыв содержит *два замечание*:

– Наведенное напряжение зависит ряда факторов, включая неоднородную электропроводность земли, которую по факту учесть можно только с определенной долей погрешности (неизвестна структура грунта, изменение проводимости при смене климатических условий и т.п.). В автореферате не сказано на сколько снижается погрешность предложенной модели по сравнению с существующими и как она соотносится с погрешностями, вносимыми невозможностями учесть всех влияющих факторов.

– На рис.16 представлено сравнение результатов расчетов двух видов сближения - параллельное (ширина сближения 30 м) и сложное (ширина сближения на рис. 17). Для расчетов наведенного напряжения принято использовать замену его параллельное с шириной, равной среднегеометрической величине. В случае рис.17 это получается порядка 70м, т.е. представленные варианты не корректно сравнивать.

15. Шульгин Максим Сергеевич, кандидат технических наук, магистр техники и технологии, ведущий инженер службы технической политики,, Восточно-Сибирская железная дорога — филиал ОАО «РЖД», (г. Иркутск). Отзыв содержит *замечание*:

– Из текста реферата неясно как выполняется муфта отбора (рис. 20, стр. 17) и какое количество таких муфт нужно устанавливать в типовой межподстанционной зоне тяговой сети 27,5 кВ.

16. Довгун Валерий Петрович, доктор технических наук, профессор кафедры «Системы автоматизации, автоматизированного управления и проектирования» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский федеральный университет» (г. Красноярск). Отзыв содержит *замечание*:

– Неясно, как учитывает предлагаемый метод определения наведенных напряжений влияние несинусоидального характера напряжений в высоковольтных линиях, а также резонансные режимы в протяженных близкорасположенных ЛЭП.

На поставленные вопросы соискателем даны убедительные ответы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается сферой их научных интересов и исследований в области моделирования режимов электроэнергетических систем и электробезопасности, что подтверждается научными публикациями официальных оппонентов и сотрудников ведущей организации, являющихся безусловными специалистами по теме защищаемой диссертации, способными определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Разработаны: оригинальные компьютерные модели для расчета наведенных напряжений, создаваемых высоковольтными кабелями с изоляцией из молекулярно сшитого полиэтилена, компактными ЛЭП повышенной пропускной способности и высокоамперными токопроводами; новая методика учета неоднородности электрических параметров грунтов на трассах сближения при определении наведенных напряжений;

предложена методика определения наведенных напряжений на смежных ЛЭП в процессе имитационного моделирования режимов тяговых сетей, работающих в составе сложной электроэнергетической системы, отличающаяся от известных возможностью использования при параллельных, сходящихся и сложных траекториях сближения; на основе многовариантных расчетов по разработанным автором компьютерным моделям впервые получены количественные данные, характеризующие техническую эффективность методов уменьшения наведенных напряжений; получены новые результаты по развитию и уточнению методик определения наведенных напряжений на смежные ЛЭП, обеспечивающих приемлемую точность расчетов для ближней, промежуточной и дальней зон интеграла Карсона; разработанные методики применимы в нормальных и аварийных режимах влияющих ЛЭП, а также в процессах плавки гололеда на проводах воздушных линий;

доказана перспективность использования предложенного методического подхода для определения электромагнитных влияний высоковольтных и многоамперных ЛЭП на смежные линии;

введены и обоснованы новые модели расчета наведенных напряжений, создаваемых высоковольтными кабелями с изоляцией из молекулярно сшитого полиэтилена, компактными ЛЭП повышенной пропускной способности и высокоамперными токопроводами.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны эффективность и целесообразность использования методов моделирования режимов электроэнергетических систем в фазных координатах для адекватного определения наведенных напряжений;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использованы** аппарат линейной алгебры, теория функций многих переменных, численные методы решения нелинейных уравнений большой размерности;

изложены положения, обеспечивающие реализацию методов и алгоритмов адекватного определения наведенных напряжений;

раскрыты недостатки существующих методов расчета наведенных напряжений, не учитывающих гармонические искажения и наличие промежуточной зоны интеграла Карсона;

изучены особенности электромагнитных влияний высоковольтных и многоамперных ЛЭП на смежные линии при сложных траекториях сближения с отключенными линиями;

проведена модернизация известных методов и алгоритмов определения наведенных напряжений на смежных линиях в различных режимах работы влияющих ЛЭП.

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

разработаны и внедрены цифровые модели и результаты моделирования электромагнитных влияний, а также практические рекомендации по применению предложенных алгоритмов в ООО «Транс-Атом» для решения задач по анализу режимов систем электроснабжения и выработке рекомендаций по повышению электробезопасности;

определены перспективы практического использования математических моделей для определения наведенных напряжений в смежных ЛЭП;

создана система практических рекомендаций для обеспечения электробезопасности при работе персонала в зонах повышенного электромагнитного влияния высоковольтных и многоамперных ЛЭП; а также программа для формирования решетчатых схем замещения элементов электроэнергетических систем на основе обобщенных матриц инцидентов (защищена свидетельством о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021616478);

представлены предложения по дальнейшему совершенствованию методического подхода к определению наведенных напряжений, основанного на моделировании режимов электроэнергетических систем в фазных координатах.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены путем использования усовершенствованного комплекса программ «Fazonord»; обработка результатов моделирования проведена с привлечением современных компьютерных алгоритмов и методов математической статистики, что позволяет сделать заключение о достоверности полученных результатов;

теория построена с использованием апробированных методов современной теории режимов электроэнергетических систем, положенных в основу предлагаемых в работе методов определения электромагнитных влияний высоковольтных и многоамперных ЛЭП на смежные линии; адекватность применяемых в работе моделей подтвердилась соответствием реальным принципам функционирования электроэнергетических систем;

идея базируется на определении наведенных напряжений с учетом влияния земли, гармонических искажений и сложных траекторий сближения;

использовано сравнение с результатами, полученными другими авторами, и измерениями на реальных объектах;

установлено соответствие в сопоставимых случаях авторских результатов, с результатами, полученными на базе апробированных средств.

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации.

Личный вклад соискателя в получении научных результатов заключается в постановке и реализации задач диссертационного исследования, формулировке основных положений научной новизны и практической значимости работы, разработке компьютерных моделей, проведении моделирования, подтверждающего корректность полученных результатов, формулировке основных выводов. Положения научной новизны, выносимые на защиту, принадлежат лично автору.

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, имеющую теоретическое и практическое значение для развития методов расчета установившихся режимов электроэнергетических систем в фазных координатах, а также для решения задач повышения электробезопасности при работе персонала в зонах электромагнитного влияния высоковольтных и многоамперных линий электропередачи.

Диссертационным советом сделан вывод о том, что диссертация соответствует требованиям и критериям, которым должны отвечать диссертации на соискание ученых степеней, установленным пп. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842 (ред. от 01.10.2018 г., с изм. от 26.05.2020).

На заседании 08 июня 2021 г. диссертационный совет принял решение присудить Нгуен Ты ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве – 16 человек, из них – 6 докторов наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены в разовую защиту – 0 человек, проголосовали: за – 16, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета



N. Voropaev

Воропай Николай Иванович

Ученый секретарь
диссертационного совета

A. Kler

Клер Александр Матвеевич

08 июня 2021 г.