

**УТВЕРЖДАЮ:**

Проректор по научной работе  
ФГБОУ ВО «Ивановский государственный  
энергетический университет  
имени В.И. Ленина»

доктор технических наук, профессор  
Тютиков Владимир Валентинович



«21» марта 2022 г.

**ВЫПИСКА**

из протокола № 9 расширенного заседания кафедры  
«Автоматическое управление электроэнергетическими системами»  
федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования «Ивановский государственный энергетический  
университет имени В.И. Ленина»

от 18 марта 2022 года

**ПРИСУТСТВОВАЛИ:**

от кафедры «Автоматическое управление электроэнергетическими системами»  
(13 из 17 штатных сотрудников профессорско-преподавательского состава):

1. канд. техн. наук, доцент Лебедев В.Д., заведующий кафедрой (спец. 05.14.02)  
– **председатель заседания,**
2. д-р техн. наук, профессор Шуин В.А., профессор кафедры (председатель диссертационного совета Д 212.064.01, спец. 05.14.02),
3. канд. техн. наук, доцент Фролова О.В., доцент кафедры (спец. 05.14.02),
4. канд. техн. наук, доцент Фомичев А.А., доцент кафедры (спец. 05.14.02),
5. канд. техн. наук, доцент Шадрикова Т.Ю., доцент кафедры (спец. 05.14.02),
6. канд. техн. наук, доцент Алексинский С.О., доцент кафедры (спец. 05.14.02),
7. канд. техн. наук, доцент Добрягина О.А., доцент кафедры (спец. 05.14.02),
8. канд. техн. наук Воробьева Е.А, доцент кафедры (спец. 05.14.02),
9. канд. техн. наук Яблоков А.А., доцент кафедры (спец. 05.14.02),
10. канд. техн. наук Лифшиц А.С., ст. преподаватель кафедры (спец. 05.14.02),
11. Кутумов Ю.Д., ассистент кафедры, аспирант II года обучения,
12. Кузьмина Н.В., ассистент кафедры, аспирант III года обучения,
13. Петров А.Е., ассистент кафедры,

**от кафедры «Электрические системы»**

14. канд. техн. наук, доцент Мурзин А.Ю., декан ЭЭФ, доцент кафедры (спец. 05.14.02),

**от кафедры «Электрические станции, подстанции и диагностика электрооборудования»**

15. д-р техн. наук, профессор Савельев В.А., профессор кафедры (член диссертационного совета Д 212.064.01, спец. 05.14.02),

16. канд. техн. наук, доцент Сулыненков И.Н., доцент кафедры (спец. 05.14.02),

17. канд. техн. наук, доцент Скоробогатов А.А., доцент кафедры (спец. 05.14.02),

18. Страхов А.С., ст. преподаватель кафедры,

**от кафедры «Высоковольтные электроэнергетика, электротехника и электрофизика»**

19. канд. техн. наук, доцент Шадриков Т.Е, доцент кафедры,

**от кафедры «Теоретические основы электротехники и электротехнологии»**

20. канд. техн. наук, доцент Тихов М.Е., заведующий кафедрой,

21. д-р техн. наук, профессор Голубев А.Н., профессор кафедры (член диссертационного совета Д 212.064.01, спец. 05.14.02),

22. канд. техн. наук, доцент Макаров А.В., доцент кафедры (спец. 05.14.02),

**от кафедры «Автоматизация технологических процессов»:**

23. Тютиков В.В., д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой, проректор по научной работе,

**от кафедры физики:**

24. д-р техн. наук, профессор Тихонов А.И., заведующий кафедрой (член диссертационного совета Д 212.064.01, спец. 05.14.02),

**от кафедры прикладной математики:**

25. д-р техн. наук, профессор Жуков В.П., заведующий кафедрой (член диссертационного совета Д 212.064.01, спец. 05.14.14),

**также присутствовал:**

26. канд. техн. наук, доцент Колесов Л.М. (спец. 05.14.02).

**СЛУШАЛИ:** доклад Кутумова Юрия Дмитриевича по диссертационной работе на тему «Повышение эффективности компенсации токов однофазного замыкания на землю в кабельных сетях 6–10 кВ в условиях влияния на ток повреждения высших гармонических составляющих», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

**Научный руководитель** – доктор технических наук, профессор Шуин Владимир Александрович, профессор кафедры «Автоматическое управление электроэнергетическими системами» ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина».

**Вопросы задавали:** д-р техн. наук, профессор Тихонов А.И., д-р техн. наук, профессор Жуков В.П., канд. техн. наук, доцент Алексинский С.О., канд. техн. наук, доцент

Мурзин А.Ю.; канд. техн. наук, доцент Макаров А.В; канд. техн. наук, доцент Лебедев В.Д.; канд. техн. наук, доцент Тихов М.Е.; д-р техн. наук, профессор Тютиков В.В.; канд. техн. наук, доцент Колесов Л.М.; канд. техн. наук, доцент Скоробогатов А.А.

На все вопросы соискателем были даны исчерпывающие ответы.

**Рецензент:** Кандидат технических наук, доцент Шадрикова Т.Ю. на основе представленных диссертации и автореферата соискателя подтвердила актуальность и обоснованность исследования, дала анализ и оценку содержания и выводов по работе, отметила, что полученные результаты обладают научной новизной и практической значимостью. Отметила, что соискатель полностью раскрыл содержание работы в докладе и публикациях. Высказала свои замечания и предложения по содержанию диссертации и автореферата, которые необходимо учесть до представления диссертации к защите.

В целом, по мнению рецензента, диссертационная работа Кутумова Ю.Д. по актуальности, важности поставленных и решенных задач, научной новизне и практической значимости полученных результатов соответствует паспорту научной специальности 05.14.02, удовлетворяет требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук – соответствует критериям пп. 9–14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 в актуальной редакции, и может быть рекомендована к защите в диссертационном совете по специальности 05.14.02 «Электрические станции и электроэнергетические системы».

#### **С поддержкой работы выступили:**

1. Научный руководитель, доктор технических наук Шуин В.А. отметил высокий уровень компетентности Кутумова Ю.Д. по проблеме диссертационного исследования, его теоретической подготовки, владения современными методами исследования. По мнению Шуина В.А., в целом по актуальности, важности поставленных и решенных задач, научной новизне полученных результатов работа Кутумова Ю.Д. удовлетворяет требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, и может быть представлена к защите в диссертационный совет Д 212.064.01.

2. Доктор технических наук Тютиков В.В. отметил высокий уровень, объём и глубину выполненных соискателем научных исследований, качественный доклад соискателя и владение им темой исследования, высказал ряд замечаний по содержанию диссертационной работы. Рекомендовал диссертацию к защите в диссертационном совете Д 212.064.01 при ИГЭУ по специальности 05.14.02 «Электрические станции и электроэнергетические системы».

3. Кандидат технических наук Лебедев В.Д. отметил значительный объём исследований на математических моделях, грамотно представленный математический аппарат. Отметил, что соискатель владеет проблематикой представленного диссертационного исследования, хорошо и уверенно отвечает на вопросы, заданные

в ходе расширенного заседания кафедры. Рекомендовал диссертацию к защите в диссертационном совете Д 212.064.01 при ИГЭУ по специальности 05.14.02 «Электрические станции и электроэнергетические системы» при устранении замечаний.

**ПОСТАНОВИЛИ:**

1. Считать, что представленная Кутумовым Ю.Д. диссертационная работа обобщает самостоятельные исследования автора и является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную для российской электроэнергетики тему по специальности 05.14.02 «Электрические станции и электроэнергетические системы».

2. Рекомендовать диссертационную работу Кутумова Ю.Д. «Повышение эффективности компенсации токов однофазного замыкания на землю в кабельных сетях 6–10 кВ в условиях влияния на ток повреждения высших гармонических составляющих» к защите в диссертационном совете Д 212.064.01, созданном на базе ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина» по специальности 05.14.02 «Электрические станции и электроэнергетические системы».

3. Утвердить заключение ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина» по диссертационной работе Кутумова Юрия Дмитриевича.

**ГОЛОСОВАЛИ:** за – единогласно.

Председатель заседания  
заведующий кафедрой «Автоматическое управление электроэнергетическими системами»,  
кандидат технических наук, доцент

Лебедев  
Владимир Дмитриевич

Секретарь заседания,  
кандидат технических наук, доцент

Воробьева  
Екатерина Андреевна

**УТВЕРЖДАЮ:**

Проректор по научной работе  
ФГБОУ ВО «Ивановский государственный  
энергетический университет

имени В.И. Ленина»  
доктор технических наук, профессор  
Тютиков Владимир Валентинович



«21» мая 2022 г.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования

«Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»

Диссертация «Повышение эффективности компенсации токов однофазного замыкания на землю в кабельных сетях 6–10 кВ в условиях влияния на ток повреждения высших гармонических составляющих» выполнена на кафедре «Автоматическое управление электроэнергетическими системами» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Соискатель Кутумов Юрий Дмитриевич, 1997 года рождения, окончил обучение по программам бакалавриата и магистратуры ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина» (ИГЭУ) по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (профиль – «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем») в 2018 и 2020 г. соответственно.

Соискатель с 2020 года обучается в ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина» по очной форме обучения по программе аспирантуры по направлению подготовки 13.06.01 «Электро- и теплотехника» с направленностью (профилем) «Электрические станции и электроэнергетические системы».

С 2018 года работает на кафедре «Автоматическое управление электроэнергетическими системами» в должности учебного мастера, с 2020 года – в должности ассистента.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Автоматическое управление электроэнергетическими системами» Шуин Владимир Александрович.

По результатам рассмотрения диссертации «Повышение эффективности компенсации токов однофазного замыкания на землю в кабельных сетях 6–10 кВ в условиях

влияния на ток повреждения высших гармонических составляющих» принято следующее ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

### АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

В настоящее время надежность электроснабжения потребителей в значительной мере определяется надежностью распределительных сетей напряжением 6–10 кВ, так как через указанные сети распределяется около половины вырабатываемой в России электроэнергии.

В кабельных сетях 6–10 кВ преобладающим видом повреждений являются однофазные замыкания на землю (ОЗЗ), составляющие 70–90% общего числа электрических повреждений и часто являющиеся первопричиной нарушений электроснабжения потребителей, сопровождающихся значительным экономическим ущербом. В целях повышения надежности электроснабжения потребителей распределительные кабельные сети 6–10 кВ, как правило, работают с режимами заземления нейтрали, обеспечивающими малые токи ОЗЗ и возможность работы сети в течение достаточно длительного времени (как правило, до 2-х часов) с замыканием фазы на землю. К таким режимам заземления нейтрали относятся прежде всего изолированная нейтраль (~80% всех кабельных сетей 6–10 кВ) и резонансное заземление нейтрали через дугогасящий реактор (ДГР), называемое также компенсацией емкостных токов ОЗЗ (~20% всех кабельных сетей 6–10 кВ).

Основным недостатком сетей с изолированной нейтралью является высокая вероятность возникновения дуговых перемежающихся ОЗЗ (ДПОЗЗ), сопровождающихся опасными перенапряжениями и значительным увеличением среднеквадратичного значения тока в месте повреждения. Большинство специалистов в области режимов заземления нейтрали, как в России, так и во многих других странах, рассматривает резонансное заземление нейтрали как наиболее эффективный и перспективный метод борьбы с негативными последствиями ОЗЗ в электрических сетях среднего напряжения. Однако, несмотря на, казалось бы, очевидные преимущества резонансного заземления нейтрали, опыт эксплуатации показывает, что значительное число компенсированных кабельных сетей 6–10 кВ имеет показатели эффективности режима заземления нейтрали, характеризующие доли ОЗЗ, перешедших в короткие замыкания (КЗ), сопоставимые или иногда даже худшие, чем для сетей с изолированной нейтралью. Основными причинами не всегда высокой эффективности работы компенсированных кабельных сетей 6–10 кВ являются следующие:

- большие значения остаточного тока в месте ОЗЗ, способствующие длительному горению заземляющей дуги, перегреву изоляции кабелей и увеличению вероятности переходов ОЗЗ в междуфазные КЗ;

- низкое техническое совершенство методов и средств локации ОЗЗ, применяемых в настоящее время в компенсированных кабельных сетях.

Остаточный ток ОЗЗ в компенсированных кабельных сетях в общем случае обусловлен некомпенсируемыми ДГР активной составляющей основной частоты (кото-

рая в большинстве сетей не оказывает существенного влияния на условия гашения и повторного зажигания заземляющей дуги), высшими гармониками (уровень которых весьма существенен и может составлять до ~50% от емкостного тока сети  $I_{c\Sigma}$ ), а также возможными в реальных условиях эксплуатации расстройками компенсации емкостной составляющей основной частоты.

Таким образом, можно сделать вывод, что для повышения эффективности компенсации токов ОЗЗ в кабельных сетях 6–10 кВ, работающих с резонансно-заземленной нейтралью, и расширения области применения данного режима заземления нейтрали актуальной проблемой является разработка и/или совершенствование методов компенсации не только составляющих основной частоты (емкостной и активной), но и высших гармонических составляющих, т.е. полной компенсации тока в месте повреждения.

Повышение эффективности компенсации тока ОЗЗ в кабельных сетях 6–10 кВ связано также с необходимостью решения ряда взаимосвязанных с ней задач, к наиболее важным из которых относится разработка методов и устройств локации всех видов ОЗЗ, включая кратковременные самоустраняющиеся пробой изоляции (КрОЗЗ), в кабельных сетях с полной компенсацией (методов и устройств селективной сигнализации ОЗЗ и дистанционного определения места возникновения ОЗЗ – ДОМЗЗ). Применение таких устройств, обеспечивающих селективную сигнализацию и определение места (зоны) КрОЗЗ необходимо для исключения кумулятивного накопления мест ослабленной изоляции в кабельных сетях 6–10 кВ, работающих с полной компенсацией тока ОЗЗ, и постепенного снижения их эксплуатационной надежности. Известно, что селективную фиксацию КрОЗЗ могут обеспечить только устройства, основанные на использовании электрических величин переходного процесса, возникающего при пробое изоляции фазы сети на землю. Переходные процессы при ОЗЗ, как правило, используются также для решения задачи ДОМЗЗ.

### **ЛИЧНОЕ УЧАСТИЕ СОИСКАТЕЛЯ В ПОЛУЧЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ, ИЗЛОЖЕННЫХ В ДИССЕРТАЦИИ**

Личное участие автора в получении результатов работы заключается в постановке цели и задач исследования, выполнении аналитического обзора известных методов компенсации емкостных токов основной частоты, способов компенсации активной составляющей тока ОЗЗ, методов и способов компенсации высших гармонических составляющих в токе устойчивого ОЗЗ, устройств защиты от ОЗЗ в компенсированных кабельных сетях, методов ДОМЗЗ, разработке имитационных моделей кабельных ЛЭП для исследования процессов их нагрева при ОЗЗ различных типов, а также электромагнитных переходных процессов, получении аналитических условий для решения ряда задач исследования, разработке способов компенсации составляющих переходного процесса в токе ОЗЗ и усовершенствовании существующих способов ДОМЗЗ, подготовке научных публикаций и докладов по теме исследования.

## СТЕПЕНЬ ДОСТОВЕРНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОВЕДЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Степень достоверности полученных результатов определяется и подтверждается:

- корректностью принятых допущений, использованием методов классической теории электрических цепей и теории электромагнитных переходных процессов;
- физической непротиворечивостью результатов исследований;
- сходимостью результатов, полученных с применением различных аналитических методов и на математических моделях, с результатами исследований других авторов, опубликованными в авторитетных источниках.

## НАУЧНАЯ НОВИЗНА И ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ РАБОТЫ

### Научную новизну работы представляют:

1. Результаты исследований на имитационных моделях ОЗЗ через перемежающую дугу в компенсированных кабельных сетях 6–10 кВ, позволяющие оценить степень влияния высших гармоник в токе замыкания на кратность дуговых перенапряжений в сети и действующее значение тока в месте повреждения.

2. Комплекс имитационных моделей для решения взаимосвязанных задач, возникающих при исследовании процессов нагрева кабельных ЛЭП с бумажно-пропитанной изоляцией, проложенных в грунте, токами высших гармоник при различных видах ОЗЗ (устойчивых и дуговых перемежающихся) в компенсированных сетях 6–10 кВ, включающий модель на основе цепи Маркова, модель на основе электротепловой схемы замещения и модели в программных комплексах COMSOL Multiphysics и PSCAD.

3. Результаты исследований на имитационных моделях электротепловых процессов нагрева кабельных ЛЭП с бумажно-пропитанной изоляцией при различных видах ОЗЗ, позволяющие определить опасный уровень высших гармоник в токе замыкания на землю, время нагрева кабелей до критической по условиям термической стойкости междуфазной изоляции температуры и обосновать необходимость и область применения компенсации высших гармоник в кабельных сетях 6–10 кВ.

4. Математическое описание условий полной компенсации тока ОЗЗ, включая высшие гармонические составляющие, и подавления дуговых замыкания на землю с применением вспомогательного источника тока, подключенного к нейтрали сети, в кабельных сетях 6–10 кВ.

5. Способ компенсации переходных токов ОЗЗ, обеспечивающий уменьшение в несколько раз действующего значения тока в месте повреждения и ограничение перенапряжения при замыканиях через перемежающуюся дугу в кабельных сетях 6–10 кВ с нейтралью, заземленной через ДГР.

6. Результаты исследований существующих различных подходов к определению параметров аналитических и имитационных моделей кабельных ЛЭП среднего напряжения при расчетах переходных процессов при ОЗЗ, позволяющие определить область их применения и повысить точность расчетов параметров переходных токов и напряжений.

**Практическая значимость результатов** работы заключается в следующих основных положениях:

- обоснование уровня высших гармоник в токе ОЗЗ кабельных сетей 6–10 кВ, при котором требуется из компенсация – порядка 20–25 А и более;
- принципы построения и методика применения комплекса математических моделей для исследования процессов нагрева кабельных ЛЭП с БПИ при ОЗЗ в компенсированных кабельных сетях 6–10 кВ, которые могут быть использован для исследования электротепловых процессов при замыканиях на землю в кабельных линиях другого типа (например, с изоляцией из сшитого полиэтилена), другого класса напряжения или в сетях с другими режимами заземления нейтрали;
- результаты исследований на имитационных моделях разработанных в России способа полной компенсации тока ОЗЗ и подавления дуговых замыканий (ООО ВП «НТБЭ») и системы управляемого заземления нейтрали для полной компенсации тока замыкания на землю ООО НПП «Бреслер»), позволяющие оценить их основные достоинства и недостатки и перспективы широкого внедрения в кабельных сетях 6–10 кВ;
- рекомендации по выбору параметров имитационных моделей кабельных ЛЭП 6–10 кВ для исследований переходных процессов при ОЗЗ, позволяющие повысить точность расчетов и исключить грубые ошибки при определении параметров переходных токов и напряжений;
- варианты модификации разработанной ИГЭУ и НПП «ЭКРА» универсальной (для компенсированных и некомпенсированных кабельных сетей 6–10 кВ) мультичастотной адмиттансной защиты для обеспечения возможности ее применения в сетях, работающих с полной компенсацией тока ОЗЗ.

### **ЦЕННОСТЬ НАУЧНЫХ РАБОТ СОИСКАТЕЛЯ**

Рекомендации по расчёту продольных пассивных параметров кабельных ЛЭП напряжением 6–10 кВ для исследования переходных и установившихся режимов при ОЗЗ, а также результаты исследования динамической устойчивости функционирования существующих устройств релейной защиты от ОЗЗ на основе измерения параметров переходного процесса, представляющие собой одни из результатов выполнения научно-исследовательской работы по теме «Исследование повреждений кабельных линий 6–10 кВ с целью повышения надежности распределительных сетей в филиале ОАО «ИЭСК» «Южные электрические сети», были использованы в деятельности ООО «Центр инновационных технологий Иркутского государственного технического университета», о чём имеется соответствующий акт.

Положения диссертационной работы, имеющие теоретическую и практическую значимость, а также имитационные модели кабельных ЛЭП и кабельных сетей 6–10 кВ внедрены в учебном процессе на кафедре «Автоматическое управление электроэнергетическими системами» ИГЭУ им. В.И. Ленина при подготовке бакалавров и магистров по направлению 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» при изучении дисцип-

лин «Компьютерное моделирование в электроэнергетике и электротехнике», «Спецвопросы релейной защиты и автоматики ЭЭС», в научно-исследовательской работе.

Результаты исследований отражены в 1 патенте на изобретение (Устройство адаптивной защиты от однофазных замыканий на землю). На способ автоматической компенсации переходных токов однофазного замыкания на землю в сети с дугогасящим реактором в нейтрали была подана 09.03.2022 г. заявка на патент №2022106342.

### **СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ДИССЕРТАЦИИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ, ПО КОТОРОЙ ОНА РЕКОМЕНДУЕТСЯ К ЗАЩИТЕ**

Диссертация соответствует паспорту специальности 05.14.02 «Электрические станции и электроэнергетические системы»:

**В части формулы специальности:** «... В рамках специальности проводятся исследования по развитию и совершенствованию теоретической и технической базы электроэнергетики с целью обеспечения экономичного и надежного производства электроэнергии ...». Результаты исследования позволят уменьшить количество ОЗЗ, переходящих в двойные замыкания на землю или междуфазные КЗ и тем самым уменьшить число незапланированных аварийных отключений кабельных ЛЭП 6–10 кВ, уменьшить затраты на ремонт кабельных сетей 6–10 кВ за счёт своевременного обнаружения мест с ослабленной изоляцией.

В диссертационной работе объектом исследований являются распределительные кабельные сети напряжением 6–10 кВ, работающие с резонансным заземлением нейтрали через ДГР, а предметом – принципы выполнения и алгоритмы функционирования устройств полной компенсации токов ОЗЗ (или подавления дуговых ОЗЗ), устройств селективной сигнализации ОЗЗ и ДОМЗЗ в данных сетях.

#### **В части области исследования:**

– п. 6 «Разработка методов математического и физического моделирования в электроэнергетике» соответствует разработка комплекса имитационных моделей для решения взаимосвязанных задач, возникающих при исследовании процессов нагрева кабельных ЛЭП с бумажно-пропитанной изоляцией, проложенных в грунте, токами высших гармоник при различных видах ОЗЗ;

– п. 9 «Разработка методов анализа и синтеза систем автоматического регулирования, противоаварийной автоматики и релейной защиты в электроэнергетике» соответствуют разработки новых принципов выполнения, структурно-функциональных схем, алгоритмов функционирования способа автоматической компенсации составляющих переходного процесса при ОЗЗ, усовершенствованного способа дистанционного определения места возникновения ОЗЗ на основе контроля напряжения поврежденной фазы и пр.

### **ПОЛНОТА ИЗЛОЖЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ДИССЕРТАЦИИ В РАБОТАХ, ОПУБЛИКОВАННЫХ СОИСКАТЕЛЕМ**

Основное содержание диссертационной работы и ее результатов полностью от-

ражено в 20 публикациях автора объемом 16,798 п.л., вклад соискателя – 4,655 п.л., из них 7 работ – в журналах по перечню ВАК, 4 работы – в англоязычных журналах и сборниках, индексируемых в международной базе данных SCOPUS, 1 патент РФ на изобретение.

### Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК

1. Шуин, В.А. Влияние высших гармоник на переходные процессы при дуговых замыканиях на землю в кабельных сетях 6–10 кВ с изолированной нейтралью / В.А. Шуин, О.А. Добрягина, Ю.Д. Кутумов, Т.Ю. Шадрикова // Вестник ИГЭУ. – 2020. – №. 2. – С. 30-40. DOI: 10.17588/2072-2672.2020.2.030-040 (1,2788/0,3197).

*Соискателем Кутумовым Ю.Д. разработаны имитационные модели кабельных сетей 6–10 кВ, выполнены исследования влияния высших гармонических составляющих на количественные характеристики переходных процессов при дуговых перемежающихся ОЗЗ в сетях с изолированной нейтралью, сформулированы основные выводы.*

2. Кутумов, Ю.Д. Ячеечная модель переходных тепловых процессов в подземном электрическом кабеле и окружающем грунте / Ю.Д. Кутумов, В.Е. Мизонов, Т.Ю. Шадрикова, А.И. Тихонов // Вестник ИГЭУ. – 2021. – №. 2. – С. 55-61. DOI: 10.17588/2072-2672.2021.2.055-061 (0,8138/0,2034).

*Соискателем Кутумовым Ю.Д. сформулированы задачи исследования, составлена ячейная модель переходных процессов в подземном электрическом кабеле, предназначенная для обоснования расчётной области в модели системы «место пробоя – кабельная ЛЭП – окружающее пространство».*

3. Кутумов, Ю.Д. Построение модели цифрового двойника подземного электрического кабеля: тепловая часть задачи / Ю.Д. Кутумов, В.Е. Мизонов, А.И. Тихонов, Т.Ю. Шадрикова // Вестник ИГЭУ. – 2021. – №. 3. – С. 59-65. DOI: 10.17588/2072-2672.2021.3.059-065 (0,8138/0,2034).

*Соискателем Кутумовым Ю.Д. сформулированы задачи исследования, составлена модель цифрового двойника подземного электрического кабеля, выполнено описание существующих методик определения температуры кабельных ЛЭП, проложенных под землёй.*

4. Шуин, В.А., Шадрикова, Т.Ю., Добрягина, О.А., Кутумов, Ю.Д. Защита от однофазных замыканий на землю на основе контроля ёмкости нулевой последовательности в кабельных сетях напряжением 6–10 кВ // Электрические станции. – 2020. – №. 11. – С. 25-34. doi: <http://dx.doi.org/10.34831/EP.2020.1072.11.004> (1,1625/0,2906).

*Соискателем Кутумовым Ю.Д. произведена обработка данных имитационного моделирования, выявлены преимущества и недостатки защит от ОЗЗ на основе контроля ёмкости нулевой последовательности в кабельных сетях 6-10 кВ, обозначена сфера их применения.*

5. Шуин, В.А. Выбор параметров моделей воздушных линий для расчетов переходных процессов при замыканиях на землю в сетях напряжением 6–10 кВ / В.А. Шуин, Ю.Д. Кутумов, Н.В. Кузьмина, Т.Ю. Шадрикова // Вестник ИГЭУ. – 2021. – №. 5. – С. 5-17. DOI: 10.17588/2072-2672.2021.5.005-017 (1,5113/0,3778).

*Соискателем Кутумовым Ю.Д. составлены имитационные модели воздушной ЛЭП для анализа переходных процессов при ОЗЗ согласно различным подходам и даны рекомендации по сфере (области) применения каждой из рассмотренных моделей.*

6. Шуин, В.А. Моделирование кабельных линий напряжением 6–10 кВ при расчетах переходных процессов при замыканиях на землю / В.А. Шуин, Ю.Д. Кутумов, Н.В. Кузьмина, Т.Ю. Шадрикова // Вестник ИГЭУ. – 2021. – №. 5. – С. 30-40. DOI: 10.17588/2072-2672.2021.5.030-040 (1,2788/0,3197).

*Соискателем Кутумовым Ю.Д. поставлены задачи исследования, составлены и верифицированы имитационные модели кабельных ЛЭП для анализа переходных процессов при ОЗЗ согласно различным подходам и даны рекомендации по сфере (области) применения каждой из рассмотренных моделей.*

7. Шуин, В.А. О выборе параметров кабельных линий 6–10 кВ при расчетах и моделировании переходных процессов при однофазных замыканиях на землю / В.А. Шуин, Ю.Д. Кутумов, Т.Ю. Шадрикова // Электротехника. – 2021. – №. 12. – С. 60-67. DOI: 10.53891/00135860\_2021\_12\_60 (0,93/0,31).

*Соискателем Кутумовым Ю.Д. показано, что при разработке способов дистанционного определения места повреждения требуемую точность расчетов параметров переходных токов и напряжений в диапазоне частот от нескольких килогерц до 20 кГц позволяет обеспечить только применение частотно-зависимых моделей кабельных линий.*

#### **Публикации в изданиях, индексируемых в международной базе SCOPUS**

8. Shuin, V.A., Dobryagina, O.A., Shadrikova, T.Y., Kutumov Yu. D. Protection from Single-Phase Short Circuits to Ground Based on Monitoring the Zero Sequence Capacitance in 6 – 10 kV Cable Networks. Power Technol Eng 55, 126–135 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10749-021-01330-2> (1,1625/0,2906).

*Соискателем Кутумовым Ю.Д. произведено имитационное моделирование, обработка его результатов, обозначены на основе результатов преимущества и недостатки защит от ОЗЗ на основе контроля ёмкости нулевой последовательности в кабельных сетях 6-10 кВ.*

9. Y.D. Kutumov, T.Y. Shadrikova and V. A. Shuin, "Cable Line Parameters Calculation of 6-10 kV Networks with the Usage of Comsol Multiphysics Software," 2019 2nd International Youth Scientific and Technical Conference on Relay Protection and Automation (RPA), Moscow, Russia, 2019, pp. 1-14, doi: 10.1109/RPA47751.2019.8958097 (1,6275/0,5425).

*Соискателем Кутумовым Ю.Д. обоснована целесообразность применения программного комплекса COMSOL Multiphysics для моделирования кабельных ЛЭП напряжением 6-10 кВ с учётом влияния поверхностного эффекта, произведена обработка данных имитационного моделирования, получены зависимости продольных параметров (индуктивностей и активных сопротивлений) кабельной ЛЭП от частоты.*

10. Y. D. Kutumov, T. Y. Shadrikova and V. A. Shuin, "Approaches to the 6-10 kV cable line parameters definition in the context of transient processes' analysis," PESS 2020; IEEE Power and Energy Student Summit, online, 2020, pp. 189-192 (0,465/0,155).

*Соискателем Кутумовым Ю.Д. составлены имитационные модели кабельных сетей 6-10 кВ, выполнены с их помощью расчёты параметров переходного процесса при ОЗЗ различных типов, сделаны выводы по работе о целесообразности применения модели для целей исследования алгоритмов функционирования селективной сигнализации ОЗЗ, алгоритмов ДОМЗЗ.*

11. A. E. Evdakov, Y. D. Kutumov, T. Y. Shadrikova and V. A. Shuin, "A Research of

Digital Directional Current Protection Devices Operation Stability in Transient Modes During Single Phase to Earth Faults in 6-10 KV Networks With Isolated Neutral Point," 2020 3rd International Youth Scientific and Technical Conference on Relay Protection and Automation (RPA), Moscow, 2020, pp. 1-16, doi: 10.1109/RPA51116.2020.9301732 (1,86/0,465).

*Соискателем Кутумовым Ю.Д. дана оценка устойчивости функционирования различных исполнений направленных защит от однофазных замыканий на землю в условиях влияния составляющих переходного процесса при ДПОЗЗ, для в числе прочего составлены цифровые модели алгоритмов данных устройств.*

### **Патенты на изобретение**

12. Устройство адаптивной защиты от однофазных замыканий на землю: пат. RU 203458 U1 / Шуин В.А.; заявитель и патентообладатель Шуин В.А., Шадрикова Т.Ю., Кутумов Ю.Д. – № 2021100346; заявл. 11.01.2021; опубл. 06.04.2021, бюл. № 10/2021.

### **Прочие публикации по теме диссертации**

13. Kutumov Yu.D., V.E. Mizonov, S. T. Yu and V.A. Shuin, "A Model Of 6-10 kV Power Three-Core Cable For The Research Of ITS Heating-Up In Normal And Emergency Operating Modes," 2021 4th International Youth Scientific and Technical Conference on Relay Protection and Automation (RPA), 2021, pp. 1-18, doi: 10.1109/RPA53216.2021.9628771 (2,0925/0,5231).

14. Кутумов, Ю.Д. Обзор существующих методов компенсации высших гармонических составляющих токов замыкания на землю / Ю. Д. Кутумов; научный руководитель В.А. Шуин // Электроэнергетика. "ЭНЕРГИЯ-2020". Пятнадцатая всероссийская (международная) научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Иваново, 7-10 апреля 2020 г / Министерство образования и науки Российской Федерации; ФГБОУВО "Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина".—Иваново.— ISBN 978-5-00062-419-7 —2020.—Т. 3.—С. 55 (0,0581/0,0581).

15. Кутумов, Ю.Д. К расчету теплового состояния подземного кабеля / Ю. Д. Кутумов; научный руководитель В. Е. Мизонов // "ЭНЕРГИЯ-2021". Шестнадцатая всероссийская (восьмая международная) научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Иваново, 6-8 апреля 2020 г.: материалы конференции / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина.—Иваново.—ISBN 978-5-00062-478-4.—2021.—Т. 4: Электромехатроника и управление.—С. 129 (0,0581/0,0581).

16. Кутумов, Ю.Д. Простая модель для оценки термического состояния подземного электрического кабеля / Ю. Д. Кутумов, В. Е. Мизонов, Т. Ю. Шадрикова // Материалы Международной научно-технической конференции "Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии" (XXI Бенардосовские чтения), посвященной 140-летию изобретения сварки Н. Н. Бенардосом, 2-4 июня / в 3 т. ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина", Академия электротехнических наук Российской

Федерации; [редкол.: С. В. Тарарыкин и др.].—Электронные данные.—Иваново.—ISBN 978-5-00062-453-1.—2021.—Т. 2: Теплоэнергетика.—С. 305-308 (0,2325/0,0775).

17. Y. D. Kutumov, T. Y. Shadrilkova and V. A. Shuin, "Higher harmonics influence on stability of arcing single phase-to-earth faults in 6–10 kV networks with arc-suppression coil," PESS 2021; Power and Energy Student Summit, 2021, pp. 1-6 (0,6975/0,2325).

18. Кутумов, Ю. Д. Исследование переходных процессов в кабельных сетях 6-10 кВ, работающих в режиме полной компенсации токов однофазного замыкания на землю / Ю. Д. Кутумов, Т. Ю. Шадрикова, В. А. Шуин // Материалы Международной научно-технической конференции "Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии" (XXI Бенардосовские чтения), посвященной 140-летию изобретения сварки Н. Н. Бенардосом, 2-4 июня / в 3 т. ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина", Академия электротехнических наук Российской Федерации; [редкол. : С. В. Тарарыкин и др.].—Электронные данные.—Иваново.—ISBN 978-5-00062-453-1.—2021.—Т. 3: Электротехника.—С. 332-335 (0,2325/0,0775).

19. Кутумов, Ю.Д. Исследование частотных характеристик воздушных ЛЭП напряжением 6–10 кВ / Кутумов Ю.Д., Кузьмина Н.В., Шадрикова Т.Ю., Шуин В.А. // Современные тенденции развития цифровых систем релейной защиты и автоматики: материалы науч.-техн. конф. молодых специалистов форума «РЕЛАВЭКСПО-2021». – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2021. – С. 61-65 (0,2905/0,0726).

20. Кутумов, Ю. Д. Способ повышения динамической устойчивости адаптивной токовой защиты от замыканий на землю в кабельных сетях 6-10 кВ с изолированной нейтралью / Ю. Д. Кутумов, Т. Ю. Шадрикова, В. А. Шуин // Материалы Международной научно-технической конференции "Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии" (XXI Бенардосовские чтения), посвященной 140-летию изобретения сварки Н. Н. Бенардосом, 2-4 июня / в 3 т. ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина", Академия электротехнических наук Российской Федерации; [редкол.: С. В. Тарарыкин и др.].—Электронные данные.—Иваново.—ISBN 978-5-00062-453-1.—2021.—Т. 3: Электротехника.—С. 335-338 (0,2325/0,0775).

## **ВЫСТУПЛЕНИЯ НА КОНФЕРЕНЦИЯХ**

Основные результаты исследований докладывались и обсуждались на следующих конференциях всероссийского и международного уровня: II, III и IV Международных молодежных научно-технических конференциях «Релейная защита и автоматика» (IEEE International Youth Scientific and Technical Conference on Relay Protection and Automation) (НИУ МЭИ, Москва; 2019, 2020, 2021 гг.); XV Всероссийской (международной) научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Энергия-2020» (ИГЭУ им. В.И. Ленина, Иваново; 2020 г.); IEEE Power and Energy Student Summit (PESS-2020 и PESS-2021) (ФРГ – участие в режиме «онлайн»; 2020, 2021 гг.); Международной научно-технической конференции "Состояние и

перспективы развития электро- и теплотехнологии" (XXI Бенардосовские чтения), посвященной 140-летию изобретения сварки Н.Н. Бенардосом (ИГЭУ им. В. И. Ленина, Иваново, 2021 г.); VI научно-технической конференции молодых специалистов форума «РЕЛАВЭКСПО-2021» (Чебоксары, 2021 г.).

## ВЫВОДЫ

Диссертация Кутумова Юрия Дмитриевича «Повышение эффективности компенсации токов однофазного замыкания на землю в кабельных сетях 6–10 кВ в условиях влияния на ток повреждения высших гармонических составляющих» является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения и разработки, имеющие существенное значение для повышения надежности электроснабжения потребителей распределительных кабельных сетей среднего напряжения, отвечает требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. в актуальной редакции, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, и рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 «Электрические станции и электроэнергетические системы».

Заведующий кафедрой «Автоматическое управление электроэнергетическими системами»,  
кандидат технических наук, доцент



Лебедев  
Владимир Дмитриевич