

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования



КГЭУ

«КАЗАНСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

Красносельская ул., д. 51, Казань, 420066

тел./факс (8-843) 519-42-02, 562-43-25

E-mail: kgeu@kgeu.ru

№ _____

На № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе

ФГБОУ ВО «КГЭУ»,

доктор технических наук, доцент

И.Г. Ахметова

 2021 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Ратушняк Валентины Сергеевны на тему «Энергоэффективное предупреждение гололедообразования на основе электромеханического преобразователя», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы»

Актуальность диссертационного исследования

В условиях современных тенденций ресурсосбережения и оптимизации ужесточаются требования к надежности и экономической эффективности электроснабжения потребителей, поэтому внедрение и развитие способов снижения аварийности в электроэнергетических сетях играет важную роль. Одной из причин недоотпуска электроэнергии является обледенение воздушных ЛЭП – на долю этого фактора приходится около 10 % всех аварийных отключений потребителей. Такая статистика зачастую связана с отсутствием стационарных устройств в отдаленных районах, куда требуется доставка оборудования и обслуживающего персонала. То есть антигололедные мероприятия не проводятся своевременно, и, кроме этого, требуют больших затрат – трудовых, временных, экономических. Установки для плавки гололеда, расположенные на подстанциях, обслуживают участки ВЛЭП относительно небольшой протяженности.

Следует отметить, что существующие на сегодня средства сопровождения удаления льда – всевозможные датчики, системы контроля гололедной нагрузки и интенсивности гололедообразования – создали предпосылки к повсеместному внедрению автоматизированных установок для борьбы с обледенением. Однако, устройства, пригодные к массовому внедрению, отвечающие требованиям минимизации энергозатрат и влияния на

целостность проводов и других элементов конструкции ЛЭП, только предстоит разработать. Таким образом, диссертационное исследование Ратушняк В.С., направленное на повышение энергоэффективности борьбы с обледенением проводов ЛЭП посредством предотвращения гололедных аварий ударным методом, является актуальным.

Структура и содержание диссертационной работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений, списка литературы и трех приложений. Оформление диссертации соответствует действующим стандартам. Автореферат отражает содержание диссертации и результаты выполненных исследований. Текст диссертации логически выверен, иллюстрирован и последовательно отражает суть выполненной работы.

Во введении дана краткая характеристика работы, приведены положения, выносимые на защиту, сведения о научной новизне и практической значимости, описаны методы исследования.

Первая глава посвящена обоснованию выбора метода повышения энергоэффективности борьбы с обледенением проводов ЛЭП. Прежде всего, подтверждена актуальность темы исследования посредством анализа проблемы гололедообразования и недостатков применяемых средств удаления льда. В результате предложены критерии эффективности решения для борьбы с гололедом, одним из которых является уровень энергозатрат. Затем, опираясь на выводы предыдущих исследователей, автор диссертации предлагает ударный метод как наименее энергозатратный, приводит обзор разработок в этом направлении и подходов к изучению реакции провода на удар. Более того, автор обосновывает необходимость и возможность работы ударного устройства на этапе предупреждения, до замерзания воды на поверхности провода. В результате автор формулирует цели и задачи исследования.

Во второй главе выполнена разработка конструкции устройства, решен ряд вопросов, касающихся безопасности и эффективности его работы. В первую очередь, обоснован выбор исполнительного механизма, разработана его аналитическая модель с учетом подвижности индукторной системы, исследованы способы снижения токовых нагрузок. Затем предложены варианты конструктивного исполнения устройства, рассмотрены возможные места и способы его крепления. Для каждого из способов крепления составлена и решена динамическая модель, что позволило сделать выводы о влиянии параметров устройства и удара на ускорение и амплитуду его движения. Здесь же автором рассмотрен вопрос повреждения провода под

влиянием изгибных колебаний, в результате чего озвучено требование минимизации амплитуды бегущей волны.

В третьей главе проведены численные и натурные эксперименты с целью изучения реакции провода и осевших на нем капель воды на удар. Для этой цели разработана конечно-элементная модель провода, в среде многотельного моделирования выполнено крепление устройства к проводу и присоединены капли. Следует отметить, что здесь формулированы условия отрыва висящих капель. Численные исследования позволили выявить ряд закономерностей, в результате чего обоснован выбор в пользу бокового способа крепления в центре пролета. Здесь же, с использованием аналитической модели, разработанной в предыдущей главе, рассчитаны электрические и массогабаритные параметры устройства, обеспечивающие требуемое воздействие.

Приведено описание экспериментов на модельном пролете, для регистрации которых разработана измерительная система. В результате экспериментально подтверждены выявленные теоретически закономерности.

В четвертой главе автор формулирует методику проектирования устройства для предупреждения образования льда. Этот многоэтапный процесс обеспечивает решение оптимизационной задачи поиска необходимого и достаточного воздействия для удаления капель воды по всей длине пролета и расчета параметров устройства, обеспечивающего требуемое воздействие при наименьших токовых нагрузках. Далее раскрываются возможности методики путем ее апробирования на задаче разработки экспериментальной установки. Здесь подробно описаны узлы экспериментальной установки, а также основные требования к ее конструкции. В заключение показана энергоэффективность разработанного устройства в сравнении с тепловым методом, а также преимущества по другим критериями эффективности, озвученным в первой главе.

В заключении сформулированы основные результаты исследования, имеющие практическое значение и представляющие научный интерес.

В приложениях представлены акты внедрения результатов диссертации, принципиальная схема экспериментальной установки и документы на зарегистрированные объекты интеллектуальной собственности.

По теме диссертации опубликовано 24 работы, в том числе 4 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК, 2 статьи в зарубежных изданиях, входящих в международную базу цитирования Scopus, 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, 1 патент на изобретение. В тексте диссертации приведены ссылки на работы других авторов по рассматриваемой проблеме, что говорит об осведомленности диссертанта о

предыдущих исследованиях. Список использованной литературы содержит 161 наименование.

Диссертация Ратушняк В.С. является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком методическом и экспериментальном уровне. Все выводы и результаты являются обоснованными. Цель диссертационного исследования достигнута, поставленные задачи решены в полной мере.

Обоснованность и новизна научных положений и выводов

Диссертантом сформулированы следующие научные положения, обладающие новизной:

1. Разработана аналитическая модель устройства для предупреждения гололедообразования на проводах ЛЭП, исполнительным механизмом которой является линейный импульсно-индукционный электромеханический преобразователь. Учтены такие особенности устройства как подвижность индукторной системы и изменяемость массы провода, включенного в движение. Обоснованность данного положения обусловлена корректным использованием известных методов теории электротехники, проверкой адекватности разработанной модели, сходимостью результатов математического моделирования с экспериментальными данными.

2. Впервые разработана динамическая модель устройства, позволяющая проанализировать движение части индукторной системы как тела конечной массы, закрепленного на проводе, получившего начальную скорость. Обоснованность данного положения обусловлена корректностью применения теоретических основ физики, принятых допущений, методов теории математического анализа, удовлетворительной сходимостью результатов математического моделирования с экспериментальными данными.

3. Разработана численная модель системы тел «провод-устройство-капли воды», в которой реализована возможность анализа их движения во взаимодействии. Обоснованность данного положения обусловлена корректным использованием современных методов конечно-элементного и многотельного моделирования, проверкой адекватности разработанных моделей, сходимостью результатов математического моделирования с экспериментальными данными.

4. Впервые получены закономерности влияния параметров пролета ЛЭП, устройства и удара на движение провода и капель воды, характер переходного процесса в индукторной системе устройства. Новизна данного научного положения бесспорна, а его обоснованность подтверждается корректным использованием разработанных моделей, достаточным количеством экспериментов, использованием современного измерительного

оборудования и средств обработки данных, воспроизводимостью экспериментов и расчетов.

5. Сформирована методика проектирования нового устройства, предложенного в диссертационной работе, обоснованная аргументированностью и логической стройностью этапов методики, корректным использованием теории и известного метода оптимизации, сходимостью параметров расчетного и разработанного устройства.

Значимость результатов исследования для науки и практики, рекомендации по использованию

Особую практическую значимость имеет разработанная автором методика проектирования устройства предупреждения гололедообразования. Внедрение результатов диссертационного исследования в эксплуатацию позволит снизить не только затраты энергии и других ресурсов на борьбу с обледенением, но и в целом снизить аварийность по причине гололеда. В диссертации представлен соответствующий акт с положительной оценкой расчетной эффективности от внедрения решения.

Целесообразно дальнейшее развитие предложенных в диссертации идей и решений, совершенствование конструктивных узлов устройства, адаптация к широкому диапазону классов напряжений ЛЭП, отладка работы в составе систем мониторинга погодных условий и интенсивности обледенения. Внедрение полученных результатов рекомендуется в организациях, занимающихся вопросами проектирования и эксплуатации электроэнергетических систем. Разработанные модели, результаты теоретических и экспериментальных исследований, их интерпретацию, созданную экспериментальную установку и систему измерения целесообразно использовать в учебном процессе ВУЗов при чтении дисциплин «Математическое моделирование систем и процессов», «Электрические сети и системы», «Энергосбережение в системах электроснабжения» и других.

Соответствие работы паспорту специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

Диссертационная работа Ратушняк В.С. посвящена исследованию закономерностей преобразования энергии, определяющих функциональные свойства устройства для предупреждения обледенения проводов ЛЭП, что соответствует паспорту специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы. В том числе, задачи, решенные в работе, соответствуют следующим пунктам паспорта специальности:

– пункту 1 – «Развитие общей теории электротехнических комплексов и систем, изучение системных свойств и связей, физическое, математическое,

имитационное и компьютерное моделирование компонентов электротехнических комплексов и систем»;

– пункту 2 – «Обоснование совокупности технических, технологических, экономических, экологических и социальных критериев оценки принимаемых решений в области проектирования, создания и эксплуатации электротехнических комплексов и систем»;

– пункту 3 – «Разработка, структурный и параметрический синтез электротехнических комплексов и систем, их оптимизация, а также разработка алгоритмов эффективного управления».

Замечания

1. На наш взгляд, условие обеспечения безопасности работы устройства, заключающееся в минимизации амплитуды бегущей волны (формула 39) не является исчерпывающим, т.к. степень повреждения от вибрации, исходя из формулы 34, целесообразно было бы рассмотреть в зависимости от двух факторов: не только амплитуды, но и длина волны.

2. Обоснование выбора исполнительного механизма выполнено недостаточно убедительно. Например, можно было привести сравнительную таблицу устройств по ряду параметров.

3. При исследовании способов снижения токовых нагрузок не производилось сравнение вклада тех или иных параметров в изменение силы тока и ЭМС.

4. В методике на этапе расчета параметров устройства написано «Если такой вариант не найден, то повторить этапы 3-5 для других параметров конденсаторной батареи», что вводит в заблуждение, потому что если речь об этапах методики, то в ней нет 5 этапа.

Отмеченные замечания не снижают научной и практической ценности представленного исследования, его актуальности и аргументированности.

Общее заключение по диссертации

В диссертационной работе Ратушняк В.С. содержится решение важной научно-технической задачи, имеющей существенное значение для повышения эффективности борьбы с гололедообразованием. По степени актуальности, научной новизны, уровню теоретической проработки, объему выполненных исследований и их практической значимости работа соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям Положением о присуждении ученых степеней. Текст диссертации полно отражает проведенную работу, каждая глава включает содержательные выводы. Диссертация выполнена автором на высоком научно-техническом уровне, является законченным и целостным трудом, а ее автор заслуживает

присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Диссертация, автореферат и отзыв ведущей организации рассмотрены и одобрены на заседании кафедры «Теоретические основы электротехники» ФГБОУ ВО «КГЭУ» «25» сентября 2021 г., протокол №3.

заведующий кафедрой «Теоретические основы электротехники» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»
доктор технических наук, доцент

Садыков Марат
Фердинантович

старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории «Мониторинг технического состояния и повышения надежности объектов электроэнергетики» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»
кандидат технических наук

Ярославский Данил
Александрович

«25» сентября 2021 г.

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет» (ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

Адрес: 420066, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Красносельская, д. 51

Тел. +7-843-519-42-02

e-mail: kgeu@kgeu.ru

Проректор по научной работе ФГБОУ ВО «КГЭУ», д-р техн. наук, доц.

Отзыв получен 25.10.2021 МЗ / Давыдов МА
С отзывом ознакомлена 27.10.2021 ФФ / Рагушина В.С.