

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Д.А. Огурцов

Южно-Уральский государственный университет

rubyua@yandex.com

В статье рассматривается проблема пожарной безопасности воздушных линий электропередач (ВЛЭП) в контексте однофазных замыканий на землю, которые могут приводить к возгоранию лесных материалов. Отмечается недостаточная изученность данной проблемы в странах СНГ и обосновывается необходимость детальных исследований. Предлагается разработка экспериментальных методик, направленных на выявление критических параметров возникновения пожаров, что позволит сформировать научно обоснованные рекомендации по их предотвращению.

Ключевые слова: пожарная безопасность, воздушные линии электропередач, замыкание, воспламенение, экспериментальные исследования.

Возгорания, вызванные воздушными линиями электропередач (ВЛЭП), представляют серьезную угрозу для окружающей среды и инфраструктуры, особенно в регионах с густыми лесными массивами. Однако в странах СНГ существует значительный пробел в исследовании механизмов воспламенения лесных материалов в результате замыкания на землю. Несмотря на известность основных причин пожаров, количественная оценка вероятности воспламенения и влияние различных параметров электрического разряда остаются недостаточно изученными.

Большинство исследований [1, 2] сосредоточено на общих аспектах пожарной безопасности ВЛЭП, таких как искрение, схлестывание проводов, и коронные разряды, однако экспериментальные работы, направленные на изучение условий возгорания растительности при электрическом замыкании, практически отсутствуют.

Данный пробел требует детального изучения с использованием экспериментальных методик, позволяющих установить критические параметры возникновения пожаров.

Ключевые факторы, влияющие на вероятность возгорания лесных материалов при однофазном замыкании на землю, включают параметры тока

замыкания, свойства окружающей среды, а также электрическое и тепловое сопротивление грунта в месте замыкания.

Одним из определяющих факторов является тип заземления системы, который напрямую влияет на величину тока замыкания и его длительность. В сетях с изолированной нейтралью однофазные замыкания часто сопровождаются небольшими токами, что, согласно нормативным документам [3], позволяет оставлять линию электропередач в работе и позволяет процессу нагрева продолжаться дольше, создавая условия для воспламенения. Кроме того, переходные перенапряжения, возникающие в момент замыкания, могут создавать критические условия для инициирования горения, особенно в условиях сухой и жаркой погоды.

Сопротивление в точке замыкания играет ключевую роль, так как его величина определяет уровень протекающего тока. Высокое сопротивление ограничивает ток замыкания, что может привести к локальному нагреву и повышению вероятности возгорания. Существенное влияние на сопротивление оказывает тип грунта и его влажность: песчаные и каменистые почвы обладают высоким удельным сопротивлением, что способствует нагреву в точке контакта, тогда как глинистые и влажные почвы рассеивают тепло быстрее [4].

Дополнительно, лесная подстилка, включающая сухие листья, хвою и другие органические материалы, имеет высокую горючесть. Пористая структура подстилки способствует накоплению тепла и может привести к самовоспламенению при длительном воздействии электрического разряда.

Важно отметить, что воздействие этих факторов в совокупности до сих пор слабо изучено, а их взаимодействие может приводить к непредсказуемым сценариям возгорания.

Для формирования зависимостей и исследования вероятности возгорания лесной горючей массы при однофазном замыкании на землю разработана экспериментальная установка [5], имитирующая реальные условия такого замыкания.

Экспериментальная установка представляет собой комплекс, включающий источник регулируемого переменного напряжения, блок управления и регистрации параметров, контейнеры с различными исследуемыми материалами, токопроводящую шину, моделирующую растекания тока при замыкании на грунт, а также датчики температуры, влажности, напряжения и тока. Один из выводов источника подключается через токопроводящую шину к различным видам грунта, что позволяет исследовать влияние их электрического и теплового сопротивления. Второй вывод соединяется с проводником, имитирующим воздушную линию электропередач, который располагается на исследуемых образцах лесной подстилки. Чертеж с общим видом установки представлен на рис. 1.

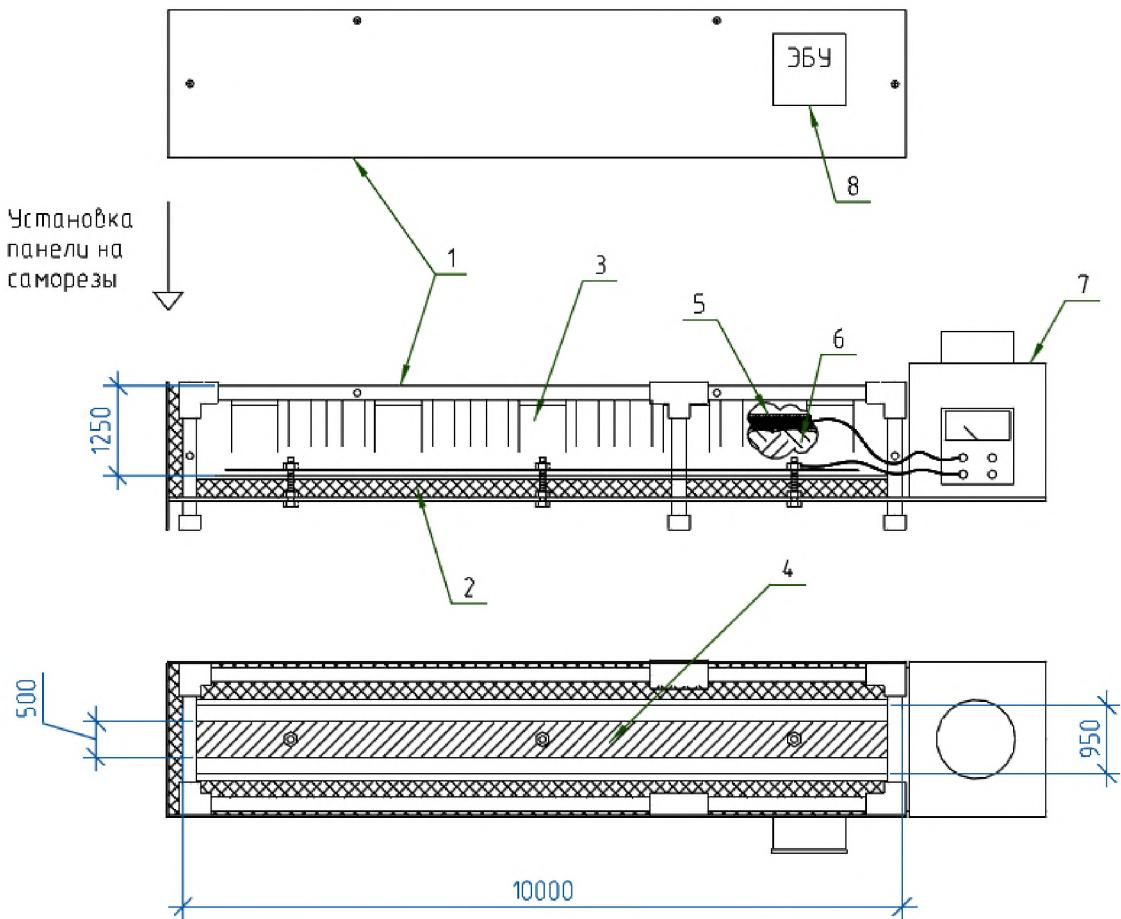


Рис. 1. Общий вид экспериментальной установки:
 1 – внешний корпус; 2 – изолирующий материал; 3 – контейнер; 4 – токопроводящая шина; 5 – имитационный проводник; 6 – лесной горючий материал и грунт; 7 – ЛАТР; 8 – электронный блок управления.

Целью экспериментов является выявление критических условий, при которых происходит самовоспламенение, а также анализ механизма накопления тепла в зоне контакта.

Работа с установкой начинается с подготовки исследуемых образцов., включающих различные типы грунта (песчаный, глинистый, каменистый) и лесной подстилки (хвоя, сухие листья, древесная кора). Далее образцы с определенной влажностью размещаются в контейнере установки.

Во время эксперимента могут регулироваться напряжение и ток замыкания при помощи ЛАТР, а также площадь контакта проводника с исследуемыми материалами. ЭБУ автоматически управляет ходом эксперимента анализируя и ведя запись изменения тока, напряжения, температуры и влажности в зоне контакта, позволяя анализировать динамику нагрева исследуемых образцов во времени.

Выводы

Разработка и проведение экспериментальных исследований в данной области открывают возможности для создания эффективных методов

прогнозирования и предотвращения пожаров вблизи ВЛЭП. Полученные результаты позволяют разработать математические модели, описывающие процессы воспламенения лесных материалов под воздействием электрического разряда, что обеспечит более точное предсказание рисков.

Дальнейший анализ данных и тестирование различных параметров приведет к оптимизации конструкций ВЛЭП и систем защиты, направленных на минимизацию угрозы возгорания. Кроме того, практическое применение этих исследований повысит уровень безопасности эксплуатации энергетической инфраструктуры, особенно в регионах с высокой пожарной опасностью, таких как лесные и сельскохозяйственные районы.

Автор выражает благодарность организаторам конференции за возможность представить данную работу.

Библиографический список

Козлова Ю. С. Оценка пожарной опасности короткого замыкания для решения задач расследования и экспертизы пожаров от аварийных режимов в воздушных линиях электропередачи //XXI век. Техносферная безопасность. – 2021. – Т. 6. – №. 4 (24). – С. 363-368.

Семенцова, Ю.С. О причинах пожаров в распределительных электрических сетях / Ю.С. Семенцова // Сборник VIII междунар. научно-практической конференции «Перспективы развития науки и образования». -Душанбе, 2016. - Ч. 1. - С. 94-96.

Правила устройства электроустановок. 7-е изд., перераб. и доп. М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2003. 736 с

Поздняков А. И. Электрические параметры почв и почвообразование //Почвоведение. – 2008. – №. 10. – С. 1188-1197.

Патент № 232 348 Российская Федерация, МПК G01R 31/00 2006.01). Экспериментальный стенд: № 2024130239: заявл. 08.10.2024: публ. 10.03.2025 / Огурцов Д.А, Сидоров А.И. – 3 с.