

УДК 621.316

М.В. ЕГОФЕРОВА, студентка гр. ЭПмз-201 (КузГТУ)
Научный руководитель А.Г.ЗАХАРОВА, д.т.н., профессор (КузГТУ)
г. Кемерово

ДИАГНОСТИКА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ 110 кВ и выше

Воздушные линии электропередач 110 кВ и выше (далее - ВЛ) являются самым повреждаемым элементом в составе электроэнергетической системы. Они располагаются в открытой местности и простираются на тысячи километров. Работа конструкций ВЛ постоянно подвергается внешним воздействиям окружающей среды: ветер, гололед, изменения температуры воздуха. На них действуют нагрузки от собственного веса проводов и тросов. При ветре возникает вибрация проводов, что может приводить к обрывам проводов, их схлестыванию и поломке опор ВЛ. Чаще всего происходят отключения линий из-за природных катаклизмов, таких, как грозы и стихийные бедствия. Но если человек с природой бороться не в силах, то такой фактор, как своевременное выявление и устранение дефектов на линии, в большей степени зависит от человека, и в данной статье рассмотрим основные методы ранней диагностики поломок на воздушных линиях 110 кВ и выше.

На рисунке 1 для примера показано процентное соотношение причин аварий в электрических сетях согласно данным, представленным на конференции АО «СО ЕЭС», которая проходила в конце 2018 года.[5]

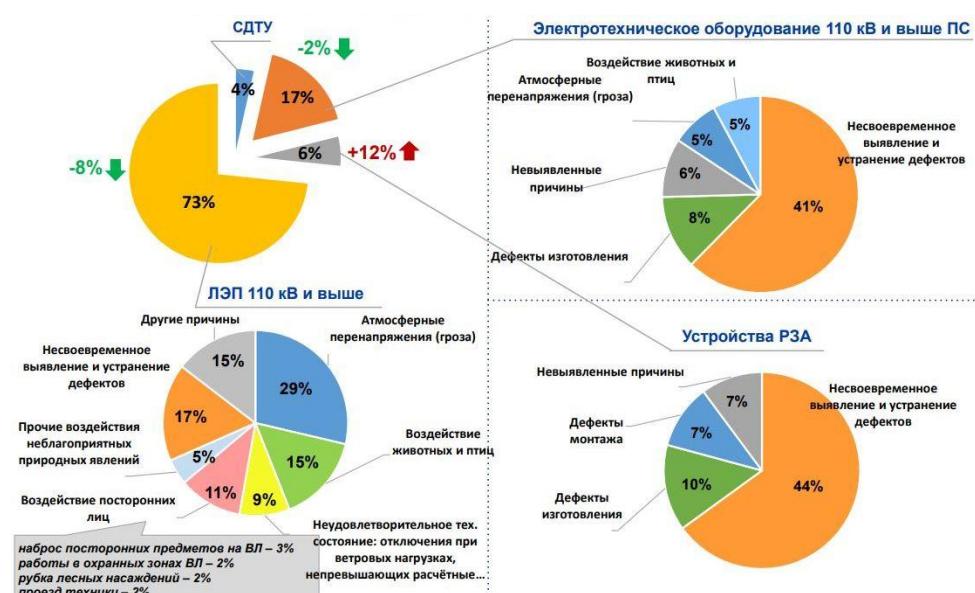


Рисунок 1- Основные причины аварий в электрических сетях 110 кВ и выше

**V Всероссийская научно-практическая конференция
«ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА»
311-2 16-17 декабря 2020г.**

Согласно исследованию, 73% составляют аварии на ВЛ-110 кВ и выше, 17 % которых возникает в результате несвоевременного выявления и устранения дефектов, а 9 % - неудовлетворительное техническое состояние. ВЛ 110 кВ и выше являются основными в системах передачи электрической энергии. И поэтому дефекты и неисправности, происходящие на них, требуют немедленной локализации и устранения. Специалисты, которые много лет занимаются диагностикой ВЛ, утверждают, что своевременная диагностика и устранение дефектов на ранних стадиях их образования уменьшает затраты на плановый ремонт в десятки раз и в сотни раз на послеаварийный ремонт.

Весь процесс диагностики можно разделить на два этапа: подготовительный и визуально-инструментальный.

В первом случае осуществляется сбор информации об объекте исследования, которая поможет на следующем этапе. Проводится сбор проектных решений, данных об испытаниях, которые проводились на данном участке линии, паспорт ВЛ, паспорта оборудования, установленного на линиях.

На этапе визуально-инструментальном происходит основная работа специалистов-диагностов. Проводится анализ состояния всех рабочих элементов ВЛ: опоры, провода, изоляторы, крепления, арматура и т.д. Второй этап рассмотрим подробнее. Диагностические работы на ВЛ включают в себя следующие виды мониторинга, измерения и контроля:

- для проверки состояния металлических конструкций: магнитометрический контроль;
 - контроль внешней изоляции воздушных линий;
 - измерение стрел провеса, то есть расстояние по вертикали от проводов до земли (дорог, веток, рек и т.п.);
 - для проверки анкерных креплений (болтов) фундаментов: ультразвуковой контроль;
 - для проверки состояния железобетонных конструкций и фундаментов: сейсмоакустический контроль;
 - дефектоскопия оттяжек на опорах промежуточного типа;
 - для проверки соединений проводов, арматуры и изоляции, температуры проводов: тепловизионный контроль;
 - для проверки обрывов внутрипроводов: неразрушающий инструментальный контроль.

Составляющей ВЛ-110 кВ является так же защитное оборудование, такое, как вентильные разрядники и ограничители перенапряжений.

Диагностика вентильных разрядников осуществляется путем измерения сопротивления, тока проводимости, пробивного напряжения и тепловизионного контроля. Ограничители перенапряжений диагностируются путем

**V Всероссийская научно-практическая конференция
«ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА»
311-3 16-17 декабря 2020г.**

измерения сопротивления, тока проводимости и тепловизионного контроля. Такие работы могут проводится различными способами, такими, как: пешие обходы, воздушно-лазерное сканирование с беспилотников, геодезические измерения, съемка со спутника, аэрофотосъемка ВЛ.

Проанализируем подробнее некоторые методы и средства диагностирования поломок на ВЛ-110 кВ.

Магнитометрический контроль для состояния металлических конструкций опор подразумевает обнаружение наличия дефекта и его местонахождение и осуществляет мониторинг за аномалиями магнитного поля, связанными с дефектами металлоконструкций и его сварных соединений. Метод так же позволяет классифицировать найденные дефекты по степени опасности. Для проведения такого обследования рекомендуются приборы СКИФ серии «МБС» НТЦ «Траснкор-К» (рисунок 2)[11].



Рисунок 2 - Магнитометр бесконтактный сканирующий СКИФ серии МБС

Что касается внешних осмотров, то до настоящего времени вертолетный облет считался одним из высокопроизводительных методов обследования ВЛ. Данный метод за один день работы позволял произвести осмотр до 200 км линий электропередач, но при этом электросетевые компании несли колоссальные финансовые затраты на обслуживание и заправку летательной техники. Экономическая ситуация в мире и развитие новых технологий существенно повлияли на дальнейшее развитие метода. На данный момент всё большую популярность набирает метод мониторинга состояния сетей с помощью беспилотных воздушных средств(рисунок 3). Этот метод заменяет работы на высоте и исключает угрозу жизни и здоровья человека. Применение профессиональных беспилотников или профессиональных квадрокоптеров и специализированных видов полезных нагрузок гарантирует получение полной информации о состоянии электросетей в кратчайшие сроки. И конечно, такой метод наиболее экономически целесообразен.

Беспилотные летательные аппараты позволяют оперативно выдавать полученную на объекте информацию, получают доступ в любые места,

**V Всероссийская научно-практическая конференция
«ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА»
311-4 16-17 декабря 2020г.**

независимо от местности нахождения трассы ВЛ, и в любую погоду объективно оценивают ситуацию на основе точных данных, а не субъективного мнения специалиста. Огромным плюсом, о чём уже говорилось ранее, является экономическая выгода использования такого метода.



Рисунок 3 - Диагностика ВЛ квадрокоптером

Состояние тросов и проводов обычно оценивается при визуальном осмотре. К сожалению, такой метод не позволяет выявить обрывы внутри самих проводов. Для точной оценки состояния проводов необходимо применять неразрушающий инструментальный контроль с помощью такого прибора, как дефектоскоп, к примеру, фирмы ИНТРОС (рисунок 4).

Данный метод позволяет определять как уменьшение сечения проводника, так и внутренние обрывы проволок.



Рисунок 4 - Установка дефектоскопа ИНТРОС

Такой дефект, как перегрев проводов, связанный с утечкой тепла, можно диагностировать на ранних этапах его проявления. Для этой цели используются тепловизоры или пирометры (рисунок 5).

Оценка теплового состояния токоведущих частей и изоляции проводов (рисунок 6) происходит несколькими способами: в динамике, т.е. контроль изменения температуры во времени, изменение нагрузки, по нормативным

**V Всероссийская научно-практическая конференция
«ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА»
311-5 16-17 декабря 2020г.**

температурам (смотрят превышение) и сравнение температуры с исправными участками цепи [7].



Рисунок 5 - Тепловизор и пирометр

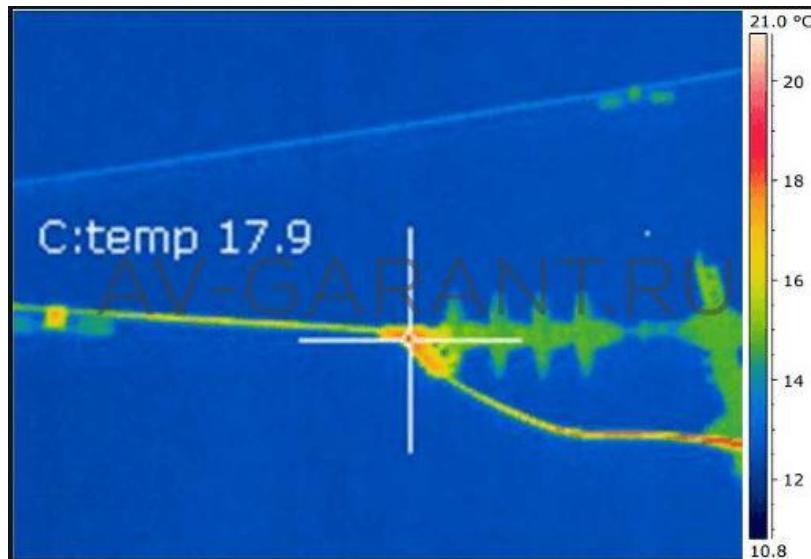


Рисунок 6 - Тепловизионная диагностика ВЛ

Объёмы и периодичность работ по диагностике регламентированы и выполняются в соответствии с основными нормативно-техническими документами.

В конце обследований, по результатам диагностики воздушных линий электропередач специалистами, выдается заключение о состоянии конструк-

ции, о её исправном состоянии и возможностях использования для дальнейшей эксплуатации. Но в случае выявления каких-либо неисправностей или дефектов, линия не рекомендуется для эксплуатации до тех пор, пока дефекты не будут устранены.

Список литературы:

1. ГОСТ 20911-89. Техническая диагностика. Термины и определения.
 2. Диагностика электрооборудования станций и подстанций: учебное пособие/Хальясмаа А.И., С. А. Дмитриев, С. Е. Кокин, Д. А. Глушков. — Екатеринбург : Изд-во Урал.ун-та, 2015. — 64 с.
 3. Кабельные и воздушные линии электропередачи : учеб.пособие / Н. П. Бадалян [и др.] ; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. - Владимир : Изд-во ВлГУ, 2019. - 260 с.
 4. Кессельман Л.М. Основы механики воздушных линий электропередач. М.: Энергоатомиздат, 1992. – 354 с.
 5. Козлов А.Н.Диагностика электрооборудования высокого напряжения: учебное пособие/Козлов А.Н. - Благовещенск: Изд-во АмГУ, 2013. - 44 с.
 6. Левин В.М. Диагностика и эксплуатация оборудования электрических сетей: учебное пособие. Часть 1./Левин В.М. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2010. – 97 с.
 7. Лишуди А.В. Участие в расследовании аварий, сбор информации об авариях и иных технологических нарушениях, анализ причин аварийности. Участие в контроле за техническим состоянием объектов электроэнергетики: презентация. АО "СО ЕЭС"
 8. Методические указания по магнитной дефектоскопии стальных канатов. Основные положения. Котельников В.С., Сухоруков В.В., Короткий А.А. и др. РД-03-348-00. М.: Гостехнадзор, 2000 г. – 18 с.
 9. Правила устройства электроустановок. 7-е издание. Стереотипное переиздание. – СПб.: Издательство ДЕАН, 2008. – 704 с.
 10. СТО 56947007- 29.240.55.111-2011. Методические указания по оценке технического состояния ВЛ и остаточного ресурса ВЛ.-86 с.

Информация об авторах:

Егоферова Мария Викторовна, студент гр. ЭПмз-201, КузГТУ,
650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, [8-960-930-6950](tel:8-960-930-6950)

Захарова Алла Геннадьевна, д.т.н., профессор, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, zaharovaag@kuzstu.ru