

ПРОЕКТНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ УЧАЩИХСЯ СРЕДНИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

doi: 10.51639/2713-0576_2022_2_1_91

УДК 620.9

ГРНТИ 44.00.00

ВАК 05.14.00

Мониторинг состояния ЛЭП: инновационные решения¹ Астафьева Д. В., ^{2*} Щемелева Ю. Б.¹ *Центр дополнительного образования «Эрудит»**Россия, Краснодарский край, г. Геленджик, ул. Нахимова, 12а*² *Филиал Южного федерального университета в г. Геленджике**Россия, Краснодарский край, г. Геленджик, ул. Заставная, 10а*email: * pre-di@yandex.ru, da-yula@yandex.ru

Объектом исследования в данной работе являются линии электропередач. Авторами был проведен анализ нормативно-правовой базы электроэнергетики в отношении мониторинга линий электропередач. Выделены те технические параметры, мониторинг которых возможен визуальным осмотром. Проведен обзор существующих способов визуального осмотра. Отмечено, что осмотр проводится оперативной бригадой с выездом на местность и подъемом на автовышке, что бывает трудноосуществимо в условиях пересеченной местности (горные районы, водные преграды и т.п.). Предложено использовать в этих целях современное техническое решение – дроны. Разработан алгоритм проведения работ по мониторингу с использованием дронов. Начато проведение полевых испытаний, создание и наполнение базы данных. Предложено использованием искусственного интеллекта для автоматического анализа изображений, полученных при осмотре ЛЭП. Таким образом, в целом, сделана постановка задачи дальнейших исследований в этой области.

Ключевые слова: воздушные линии электропередач, дрон, фотофиксация, видеофиксация, искусственный интеллект.

Актуальность

Линии электропередач – это один из компонентов электрической сети, система энергетического оборудования, предназначенная для передачи электроэнергии посредством электрического тока. Они связывают электростанции с подстанциями и потребителями, а также служат для связи смежных энергосистем. Различают два вида линий электропередач: воздушные (ЛЭП) и подземные (подводные) (кабельные). В воздушных линиях провода подвешены над землёй или над водой, а подземных используется силовой кабель.

Общая протяженность линий России, по данным информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям ИТС 38-2017, составляет почти 2650 тыс. км. Они имеют большую протяженность и проходят иногда по труднодоступным местам. При этом они должны обеспечивать круглосуточное электроснабжение потребителей качественной электроэнергией. Под качеством электроэнергии понимается степень соответствия характеристик электрической энергии в данной точке электрической системы совокупности нормированных значений показателей качества электрической энергии. Гарантированность снабжения потребителя качественной электроэнергией обеспечивается исправностью линий электропередач, состоящих из достаточного большого числа составных компонентов.

Постановка задачи

Целью нашей работы является выработка предложений по мониторингу состояния ЛЭП. Объектом исследования являются линии электропередач. Здесь следует сразу сделать оговорку, что речь в нашей работе идёт о воздушных ЛЭП, расположенных в труднодоступных местах (пересечённая местность, горы, леса).

Для реализации указанной цели были поставлены следующие задачи:

- на основе нормативно-правовой базы электроэнергетики выделить параметры, требующие мониторинга, провести их группировку;
- определить параметры, определяемые средствами визуального осмотра, проанализировать способы проведения осмотра;
- разработать предложения по совершенствованию средств мониторинга;
- провести полевые испытания;
- разработать методику мониторинга состояния ЛЭП;
- предложить способы оценки повреждений.

Основная часть

Для поддержания параметров, обеспечивающих качественное бесперебойное электроснабжение потребителей, линии электропередач должны всегда находиться в исправном работоспособном состоянии. Согласно Приказа Министерства энергетики РФ от 26 июля 2017 г. № 676 «Об утверждении методики оценки технического состояния основного технологического оборудования и линий электропередачи электрических станций и электрических сетей», к ЛЭП предъявляется целый ряд требований.

Проведя анализ параметров технического состояния функциональных узлов воздушной линии электропередачи, можно разбить все параметры на следующие группы, как показано в таблице 1:

- параметры, мониторинг которых возможен средствами визуального наблюдения с дальнего расстояния (параметры повреждений имеют достаточно большую площадь (см) или хорошо заметны (например, искрение));
- параметры, мониторинг которых невозможен средствами визуального наблюдения с дальнего расстояния (параметры повреждений имеют малую площадь (мм)).

Таблица 1

Разбиение параметров на группы

Группа 1 - параметры, мониторинг которых возможен средствами визуального наблюдения с дальнего расстояния	Группа 2 - параметры, мониторинг которых невозможен средствами визуального наблюдения с дальнего расстояния
перекрытие с разрушением изоляторов	вибрации
перекрытия на расположенные на трассе деревья	перемещения и деформация
включение короткозамыкателей на осветительных подстанциях	отказы на включение/выключение в стояночном режиме/режиме эксплуатации
перекрытие с провода на тело опоры	отказы (частота отказов, последствия)
перекрытие с провода на проезжающие высоко габаритные механизмы	работоспособность в соответствии с установленными режимами и паспортом оборудования
обрыв грозозащитных тросов	наличие микротрещин на опоре
падение провода на землю	Отдельные волокна у тросов

Как видно из таблицы 2, довольно большое количество параметров, способных привести к ухудшению условий эксплуатации, и дальнейшему выходу из строя электрооборудования, можно обнаружить при визуальном осмотре.

В настоящее время такой осмотр осуществляется в соответствии с указаниями, приведенными в Приказе Ростехнадзора от 23.07.2019 № 291 «Об утверждении Методических рекомендаций по внедрению риск-ориентированного подхода при проведении плановых проверок деятельности юридического лица и (или) индивидуального предпринимателя субъекта электроэнергетики, эксплуатирующего объекты электросетевого хозяйства» [3]. Согласно этому документу, бригада выезжает на место, предупредив юридическое лицо за 3 дня до предполагаемой даты осмотра. Эти мероприятия следует проводить не реже одного раза в год. Осмотр производится путем визуальной фиксации при объезде линий электропередачи оперативной бригадой. Если в черте населённых пунктов или вдоль автомобильных дорог такой осмотр не связан с трудностями, то в труднодоступных районах (горная или пересечённая местность, водная поверхность рек и озер) осмотр может сопровождаться необходимостью использования автовышки.

Предлагаемые решения

Проведя анализ, мы пришли к выводу, что процедура визуального осмотра требует внедрения новых подходов. Одним из перспективных решений, по нашему мнению, может стать использование современных средств слежения – дронов, оборудованных камерами видеофиксации и/или фотофиксации.

В нашей стране использование дронов регламентируется законом о беспилотных летательных аппаратах (БПЛА) Минтранса [4]. Этим документом вводятся следующие ограничения на их использование: необходима регистрация дронов массой от 250 грамм до 30 кг; разрешён полет на высоте до 150 метров, нельзя летать в диспетчерских зонах, вблизи аэропортов и диспетчерских зон, охранных зонах; нельзя летать над массовыми мероприятиями (митинги, соревнования, демонстрации, концерты и прочие культурные мероприятия).

По мнению авторов, для осмотра оборудования линий электропередач в труднодоступных районах возможно получить согласования на проведение работ. По нашему мнению, использование дронов для мониторинга технического состояния ЛЭП является перспективной задачей, требующей технического решения.

При этом работа по мониторингу будет систематической с накоплением результатов и созданием информационной системы на основе базы данных. Просмотр всех фото- и видеоматериалов является трудоёмкой работой, требующей повышенного внимания и связанной с возможными ошибками (человеческий фактор). Мы предлагаем использовать алгоритмы обработки цифровой информации на основе искусственного интеллекта, позволяющие выявлять на изображениях отклонения от нормальных параметров: близкое расположение проводов и посторонних объектов, например, веток деревьев, искрение, трещины на изоляционных материалах, сколы и т.п. Примерный алгоритм работ представлен в таблице 2.

Нами в настоящее время проводятся полевые испытания для подтверждения возможности фотофиксации и видеофиксации повреждений на опорах и проводах линий электропередач, как показано на рисунке 1.

Получаемые в настоящее время данные сводятся в базу данных, на основе которой в дальнейшем планируется обучение алгоритмов по распознаванию образов. Одновременно нами начаты работы по изучению возможностей искусственного интеллекта по распознаванию образов с точки зрения анализа изображений.

Порядок проведения работ

Этап	Наименование работ
1	Выезд бригады контролеров-операторов в соответствии с планом работ
2	Облет дроном участка ЛЭП, фото и видеофиксация объекта
3	Загрузка материалов в базу данных
4	Анализ материалов алгоритмами обработки. В случае обнаружения сомнительных данных – передача сигнала о возможных выходах за рамки технического регламента
5	Просмотр сомнительных данных оператором. Принятие решения о необходимости проведения ремонтных работ

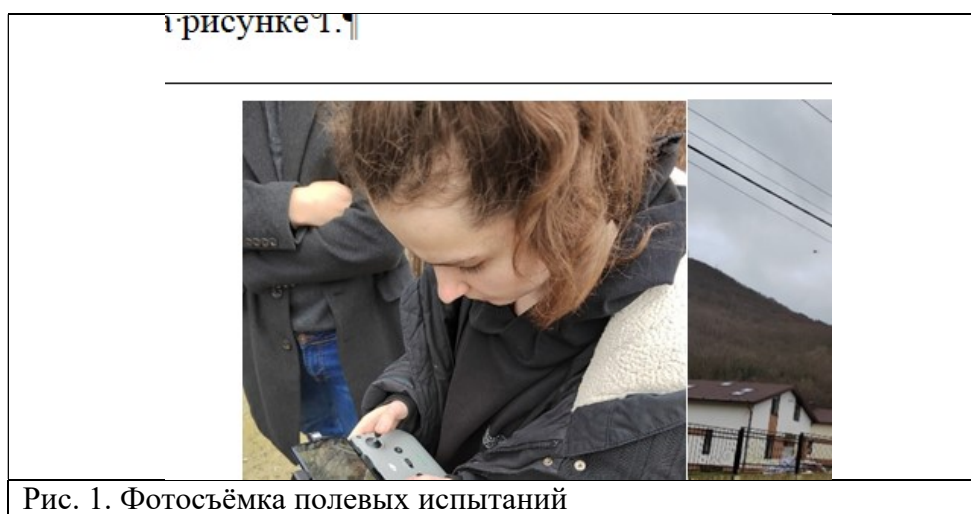


Рис. 1. Фотосъёмка полевых испытаний

Выводы

Таким образом, в данной работе проведён анализ нормативно-правовой базы электроэнергетики в отношении мониторинга линий электропередач. Выделены технические параметры, мониторинг которых возможен визуальным осмотром. Проведён обзор существующих способов визуального осмотра. Предложено использовать в этих целях современное техническое решение – дроны. Разработан алгоритм проведения работ по мониторингу с использованием дронов. Начато проведение полевых испытаний, создание и наполнение базы данных. Предложено использованием искусственного интеллекта для автоматического анализа изображений, полученных при осмотре ЛЭП. Таким образом, в целом, сделана постановка задачи дальнейших исследований в этой области.

Список литературы

1. Электроснабжение в сфере жилищно-коммунального хозяйства. Щемелева Ю.Б., Давыдов С.К., Чанкаева О.И. учебное пособие. Москва, 2021.
2. Проблема мониторинга состояния ЛЭП: постановка задачи. Астафьева Д.А., Щемелева Ю.Б.В сборнике: Проблемы автоматизации. Региональное управление. Связь и акустика. сборник трудов X Всероссийской научной конференции и молодежного научного форума в рамках мероприятий, посвященных году Науки и технологий в Российской Федерации. Ростов-на-Дону, 2021. С. 539-543.
3. Приказ Ростехнадзора от 23.07.2019 N 291 Об утверждении Методических рекомендаций по внедрению риск-ориентированного подхода при проведении плановых проверок

деятельности юридического лица и (или) индивидуального предпринимателя субъекта электроэнергетики, эксплуатирующего объекты электросетевого хозяйства

4. Закон о БПЛА Минтранса от 3 февраля 2020 года (поправки от 5 апреля 2021)

Monitoring the condition of power lines: innovative solutions

^{1*} Astafieva D.V., ² Shchemeleva Y.B.

¹ *UIA DO "Center for Additional Education "Erudite", Russia, Krasnodar Territory, Gelendzhik, Nakhimov str., 12a*

² *Branch of the Southern Federal University in Gelendzhik. Russia, Krasnodar Territory, Gelendzhik, Zastavnaya str., 10a*

email: * pre-di@yandex.ruda-yula@yandex.ru

The object of research in this work are power lines. The authors analyzed the regulatory framework of the electric power industry in relation to the monitoring of power transmission lines. The technical parameters that can be monitored by visual inspection are highlighted. The review of the existing methods of visual inspection is carried out. It is noted that the inspection is carried out by an operational team with an exit to the terrain and an ascent on a car tower, which can be difficult in rough terrain (mountainous areas, water barriers, etc.). It is proposed to use a modern technical solution for this purpose – drones. An algorithm for monitoring using drones has been developed. Field tests, creation and filling of the database have been started. It is proposed to use artificial intelligence for automatic analysis of images obtained during the inspection of power lines. Thus, in general, the task of further research in this area has been formulated

Keywords: overhead power lines, drone, photo fixation, video fixation, artificial intelligence