

*Иванов Д.А., Галиева Т.Г., Семенников А.В.
Научный руководитель: Иванов Д.А., канд. техн. наук
Россия, Казань, КГЭУ*

МОБИЛЬНОЕ ДИСТАНЦИОННОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ВЫЯВЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Введение

Воздушная линия электропередачи (ВЛЭП) – это сложный технический объект повышенной опасности, предназначенный для передачи и распределения электрической энергии от места генерации к потребителю. Согласно ФЗ от 26.03.2003 N 35-ФЗ (ред. от 27.12.2019) «Об электроэнергетике» электросетевые компании отвечают перед потребителями электрической энергии за надежность обеспечения их электрической энергией в соответствии с требованиями технических регламентов и иными обязательными требованиями. Эксплуатация высоковольтных ВЛЭП и различных устройств для обеспечения электроснабжения потребителей требует периодических плановых и внеплановых ремонтов и испытаний, в том числе без снятия рабочего напряжения. Работы под напряжением являются наиболее сложной категорией работ, ремонтные и испытательные операции производятся в штатном режиме работы электроустановки. В этом случае производящий работы персонал для обеспечения безопасности изолируется от земли, от токоведущих частей или от того и другого.

Электросетевые компании начинают внедрять современное инновационное оборудование – беспилотные летательные аппараты и роботизированные комплексы – для развития и совершенствования систем диагностики электросетевого комплекса: воздушные линии, подстанций и объектов электроэнергетики. БПЛА и РК [1] могут быть использованы для мониторинга элементов сетевой инфраструктуры, осмотра трасс линий электропередачи для выявления технологических нарушений, проверки состояния просек воздушных линий электропередачи, тепловизионного контроля и других целей. Получение информации о состоянии проводов, арматуры, изоляторов и опор ВЛЭП в процессе эксплуатации с помощью БПЛА и РК возможно за счет использования диагностических приборов (ДП) в качестве полезной нагрузки.

Основная часть

Диагностические приборы предназначены для оценки состояния электроустановок, их электрических, механических, химических свойств или условий окружающей среды, преимущественно используются для работы под напряжением [2]. В связи с этим, к таким ДП предъявляются следующие требования: использование автономного источника питания или питание от бортовой сети аппарата; небольшой вес для обеспечения допустимой взлетной массы; компактность; помехоустойчивость и работа в условиях высоких электрических полей; сохранение и передача диагностической информации; всепогодность и пр.

Таким образом, использование БПЛА и РК с диагностическим приборами позволяет получать полную текущую информацию, проводить ремонт и замену неисправного оборудования только на участках с наибольшим износом.

Актуальность использования БПЛА и РК для диагностики и мониторинга ВЛЭП основано на анализе существующих в настоящее время в отечественных [1] и зарубежных исследованиях и разработках подходов к решению проблемы в энергетике, связанной с оценкой технического состояния высоковольтного оборудования, не прекращая технологического процесса передачи электроэнергии, т. е. с переходом от планово-предупредительного ремонта к ремонту по техническому состоянию.

В связи с этим обстоятельством были разработаны бесконтактные дистанционные методы контроля, не требующие вывода высоковольтных диэлектрических элементов из эксплуатации. Разрабатывается мобильное дистанционное устройство (МДУ) для контроля технического состояния и выявления остаточного ресурса высоковольтных диэлектрических элементов для установки на беспилотные летательные аппараты и роботизированные комплексы (рис.2).

МДУ является диагностическим прибором и строится на основе комплексного дистанционного метода диагностики текущего рабочего состояния керамических и полимерных изоляторов (ВИ) [3, 4] посредством одновременной регистрации набора диагностических параметров несколькими физическими методами: перестраиваемым по частоте электромагнитным (50 МГц – 1 ГГц), акустическим (20 Гц – 100 кГц) датчиками, тепловизионным и ультрафиолетовым приемниками. Информационные сигналы с датчиков будут совместно подвергаться накоплению и компьютерной обработке, что значительно

повышает надежность определения технического состояния и выявления остаточного ресурса.

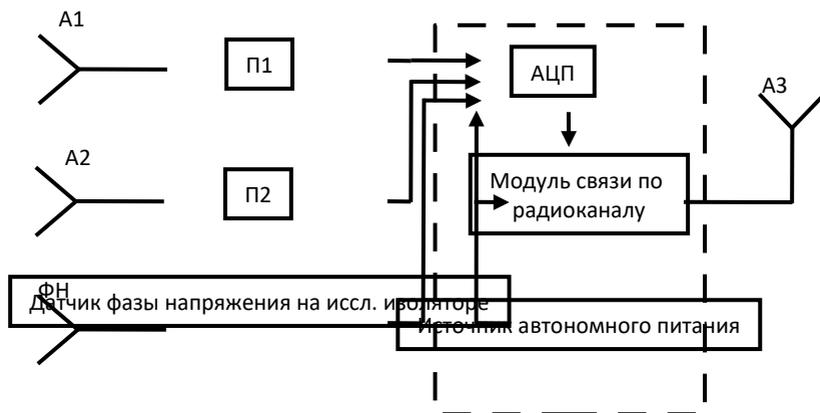


Рисунок 1. Блок-схема МДУ:

A1 – антенна для приема ультразвуковых импульсов; A2 – антенна для приема электромагнитных импульсов; A3 – антенна для передачи измерительной информации по радиоканалу; П1 – приемник ультразвука; П2 – приемник электромагнитного излучения; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; ФН – антенна для определения фазы напряжения на исследуемом изоляторе

МДУ устанавливается на БПЛА или РК при подготовке к обследованию участка ВЛЭП. В момент нахождения ДП в непосредственной близости с объектом исследования – высоковольтным изолятором – МДУ активируется, и производится сбор диагностической информации о величине электромагнитного и акустического излучений, восстанавливается фаза напряжения на изоляторе, координаты. Данные диагностики сохраняются и с МДУ передаются по радиоканалу на диспетчерский пункт. Диспетчерский пункт – это персональный компьютер (ПК), к которому по интерфейсу USB подключен модуль радиосвязи, принимающий поступающие по радиоканалу данные с МДУ. Надёжная связь между соседними устройствами может осуществляться на расстоянии до 1000 метров при расположении соседних устройств в пределах прямой видимости.

На ПК происходит сбор данных, запись и последующая обработка информации об амплитуде, частоте повторения и фазе

сигналов с помощью разработанной программы способом бесконтактной диагностики высоковольтных полимерных изоляторов [3, 4]. Накопление сигналов по узким фазовым интервалам (порядка 20 град.) происходит в течение 18 с, вполне удовлетворяет стохастическому характеру возникновения частичных разрядов (ЧР).

Процесс обработки сигналов ЧР заканчивается построением следующих характеристик: амплитуд и числа импульсов в каждом фазовом интервале и распределения числа импульсов по амплитудам. Полученное фазовое распределение параметров импульсов сравнивается с ранее записанным распределением параметров импульсных сигналов для (бездефектного) ВИ того же типа [3, 4]. Поскольку скорости распространения электромагнитных и акустических импульсов отличаются на несколько порядков, то для их синхронизации с каждым конкретным фазовым интервалом используется блок фазовой синхронизации, учитывающий расстояние между дефектом и датчиками.

Выводы

Современный уровень развития науки и техники позволяет создавать дистанционно управляемые аппараты для диагностики и мониторинга технического состояния ВЛЭП. Однако, для широкого внедрения БПЛА и РК в практику проведения плановых осмотров и текущего ремонта ВЛЭП необходимо планомерное создание соответствующей нормативной и приборной базы.

Научные исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках соглашения 075-15-2020-172.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пат. 193020 Российская Федерация, МПК В61В 7/06. Роботизированное устройство для верхового осмотра состояния воздушных линий электропередачи // Садыков М.Ф., Мочалов Н.С., Иванов Д.А.; заявитель и патентообладатель – ФГБОУ ВО «КГЭУ», №2019120921, заявл. 04.07.2019, опубл. 10.10.2019, Бюл. № 28, 13 с.

2. Пат. 2679759 Российская Федерация, МПК G01R 30/12 (2018.08). Способ бесконтактной дистанционной диагностики состояния высоковольтных изоляторов // Голенищев-Кутузов А.В., Голенищев-Кутузов В.А., Иванов Д.А., Марданов Г.Д., Семенников

А.В.; заявитель и патентообладатель – ФГБОУ ВО «КГЭУ», № 2018110016, заявл. 21.03.2018, опубл. 12.02.2019, Бюл. №5, 2 с.

3. Голенищев-Кутузов А.В., Голенищев-Кутузов В.А., Иванов Д.А., Марданов Г.Д., Семенников А.В., Ваньков Ю.В. Комплексная диагностика дефектов в высоковольтных изоляторах // Известия Российской академии наук. Серия физическая. 2019. Т. 83. № 12. С. 1651-1654.

4 Голенищев-Кутузов А.В., Голенищев-Кутузов В.А., Иванов Д.А., Марданов Г.Д., Семенников А.В. Дистанционная диагностика дефектов в высоковольтных изоляторах в процессе эксплуатации // Дефектоскопия. 2018. № 10. С. 10-14.