

МЕТОДЫ АЭРОДИАГНОСТИКИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ВЫСОКОГО И СВЕРХВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЙ

Лебедев Д.Е.,

научный руководитель д-р техн. наук Качесов В. Е.

ГОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет»

Воздушные линии электропередачи (ВЛЭП) вследствие большой протяженности имеют огромное количество однотипных элементов, каждый из которых обладает своими показателями надежности. Уровень повреждаемости элементов ВЛЭП определяется как свойствами конструкции, так и условиями их эксплуатации. Опыт эксплуатации показывает, что основными причинами отказа основных элементов ВЛ 35–500 кВ являются атмосферные, климатические и сторонние воздействия. Основными факторами, приводящими к нарушению работоспособного состояния ВЛЭП и их повреждению, являются:

1. несоответствие проектных решений фактическим климатическим условиям из-за недоучета нормативных требований при проектировании ВЛЭП;
2. неудовлетворительное техническое состояние элементов ВЛЭП: неустраненные дефекты металлоконструкций опор, фундаментов, креплений оттяжек, дефектов железобетонных опор;
3. неудовлетворительное состояние трасс ВЛЭП и прилегающих к ним лесных массивов, невырубленных деревьев, угрожающих падением на провода, уменьшенная по сравнению с требованиями ПУЭ ширина просек, недоучет естественного роста деревьев в период эксплуатации, отсутствие правовых оснований для дополнительной вырубki деревьев вдоль трасс и для взаимоотношений с владельцами лесных угодий [1].

В данный момент остро стоит проблема своевременного обнаружения дефектов ВЛЭП с последующим устранением для того, чтобы предотвратить незапланированное отключение линии. Такая работа «на предупреждение» имеет как прикладной интерес с точки зрения упрощения эксплуатации ВЛЭП, так и большой экономический эффект обусловленный уменьшением расходов на замену оборудования, расходов на компенсацию потерь электроэнергии, а также уменьшением затрат на заработную плату обслуживающему и ремонтному персоналу. Из этого видно, что диагностика является ключевым элементом в эксплуатации ВЛЭП.

В настоящее время существует несколько способов контроля ВЛЭП, призванных поддерживать работоспособное состояние линии, например:

1. пешие обходы линий – способ, обладающий значительной трудоемкостью. В труднодоступной местности обходы небезопасны, а в ряде случаев почти невозможны;
2. облеты линий на вертолете – проводятся, как правило, «вручную», т.е. без применения какого-либо специального диагностического оборудования;
3. диагностика линий с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) – за рубежом уже существует такая практика. В нашей стране это направление начало развиваться лишь в последние годы. Стоит отметить, что управление аппаратами осуществляется с помощью глобальных навигационных систем: GPS и ГЛОНАСС. Главной проблемой, возникающей перед этой технологией, становятся помехи, вносимые в навигационный сигнал полем самой линии.

Целью данного проекта является разработка нового способа, особенность которого состоит в том, что управление БПЛА происходит не с помощью глобальных навигационных систем, таких как GPS и ГЛОНАСС, которые обладают следующими недостатками:

1. карты местности могут быть не точны, и как следствие БПЛА может сильно отклониться от маршрута;
2. погрешность навигации системы (до 15–50 метров);
3. проблема периодической потери координат текущего местоположения устройства;
4. низкая помехоустойчивость в сильном поле воздушной линии электропередачи.

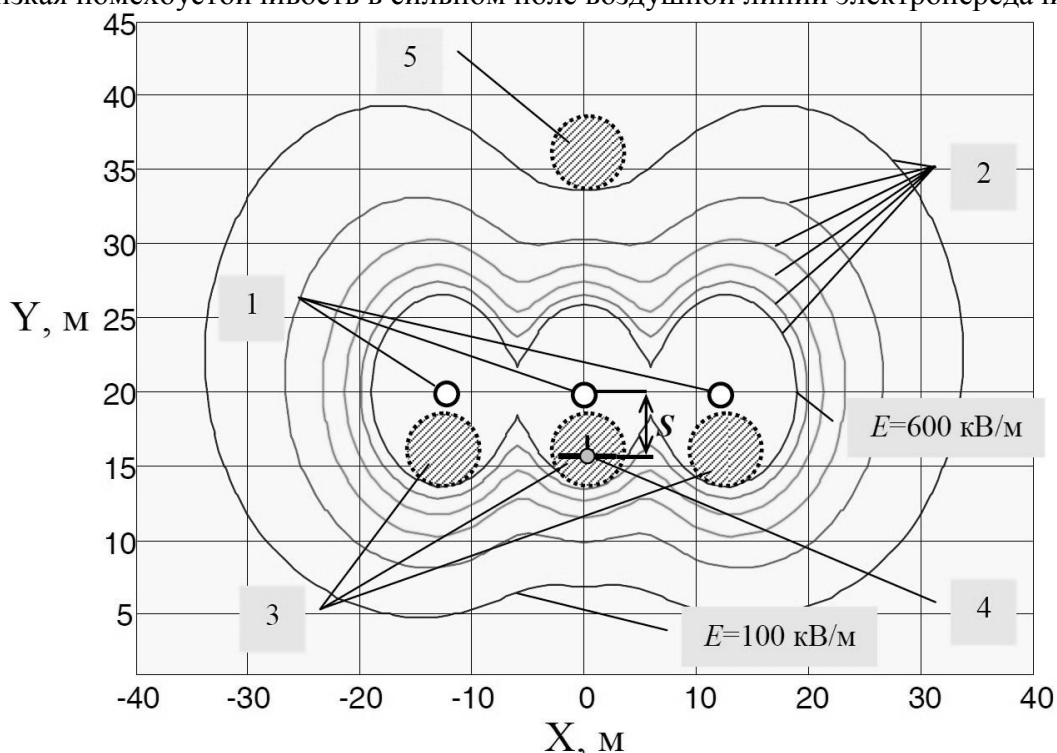


Рисунок 1 – Распределения линий равной напряженности электрического поля линии с опорами с горизонтальной ориентацией проводов

На рисунке 1 показаны провода линии электропередачи (1), кривые равной напряженности электрического поля (2) и области (3), и (5) возможного расположения автоматически управляемого маломерного БПЛА (4) в процессе диагностического облета высоковольтной воздушной ЛЭП.

Способ осуществляется следующим образом [2]. На БПЛА устанавливают измерительную аппаратуру: электромагнитный датчик высокочастотного излучения и цифровой осциллограф. В ручном режиме располагают БПЛА под или над проводами ВЛ, выполненной на опорах portalного типа, и по радиоканалу включают устройство автоматического пилотирования, задавая расстояние до провода (высоту полета) величиной E_0 . На концах крыльев устанавливают датчики измерения электрического поля. Измеренное на концах крыльев и усредненное по двум датчикам значение напряженности электрического поля $E_{\text{ср}}$, вводят в систему автоматического пилотирования летательным аппаратом, после чего сравнивают с величиной E_0 . Если в процессе облета ВЛЭП беспилотный летательный аппарат располагают под проводами ВЛЭП, то при уменьшении в процессе полета средней напряженности электрического поля $E_{\text{ср}}$ вырабатывается сигнал, воздействующий на руль высоты и приводящий к ее увеличению относительно земли (т.е. к уменьшению расстояния от летательного аппарата до провода). Увеличение средней напряженности поля $E_{\text{ср}}$ наоборот используют для уменьшения высоты полета.

При расположении летательного аппарата под проводами (область 3 – рисунок 1) напряженность электрического поля, измеряемая на концах крыльев, имеет одинаковое значение, и система автоматического пилотирования не воздействует на киль летательного аппарата (изменяющий вдольтрассовое положение аппарата). При превышении напряженности поля, измеряемой на конце правого (по отношению к направлению движения) крыла БЛА (E_p), над напряженностью на конце левого крыла E_l , разностное значение ΔE положительно ($\Delta E > 0$), и вырабатывается сигнал, воздействующий на киль и заставляющий БПЛА смещаться вправо. Когда $\Delta E < 0$, вырабатывается сигнал для смещения БПЛА влево. Таким образом, происходит автоматическое пилотирование БПЛА.

В случае пилотирования БПЛА над проводами ВЛ (в зоне 5 – рисунок 1) воздействуют на руль высоты и киль БЛА обратным образом по отношению к случаю пилотирования под проводами ВЛЭП.

Для навигации по электрическому полю необходимо оборудовать аппарат датчиками напряженности. Они размещаются по концам крыльев БПЛА. Уже сейчас к датчикам можно предъявить ряд требований:

1. малый вес – величина полезной нагрузки для летательных аппаратов жестко регламентируется. Чем меньше вес полезной нагрузки, тем дешевле стоимость БПЛА;
2. пригодность для работы в сильных полях. Рабочие напряженности полей в предполагаемой зоне пилотирования БПЛА составляют десятки кВ/м;
3. точность измерений. Очень важный параметр, от которого зависит точность позиционирования аппарата;
4. надежность конструкции.

Однако на данный момент промышленностью освоены только устройства, которые можно условно разделить на две категории:

1. Измерители электромагнитных полей и излучений, например ПЗ-70 и ИЭП-05. Этот тип приборов непригоден для применения на борту БПЛА, главным образом, из-за большого веса (около 2 кг);
2. Измерители уровня напряженности высокочастотных полей. Также непригодны, т.к. предназначены для работы в диапазоне от 1 кГц и выше;

Поэтому сейчас перед исследованием стоит задача создания пригодного для применения на борту БПЛА датчика напряженности электрического поля. Известно, что основным элементом в таких датчиках является электрический конденсатор. В роли конденсатора может выступить и крыло аппарата. Такая реализация увеличит надежность и повысит точность измерений.

Также необходимо отметить то, что необходимо надежно защитить датчики от влияния самого БПЛА. По концам крыльев аппарата происходит локальное возмущение поля, которое может повлиять на работу измерительного комплекса [3].

Предполагаемая структурная схема измерительной аппаратуры для регистрации дефектов представлена на рисунке 2. Данный метод диагностики основан на регистрации электромагнитного излучения разрядных процессов (ЭМИР), таких как коронный разряд и поверхностный частичный разряд. Сигнал ЭМИР принимается специальной антенной после чего усиливается (К – рисунок 2) и передается на аналого-цифровой преобразователь (АЦП – рисунок 2). К выходу АЦП подключается бортовой компьютер (БК – рисунок 2), куда записывается полученная информация. Для компьютера требуется специальное программное обеспечение, которое будет способно принимать информацию и, анализируя её, создавать базы данных, удобные для просмотра. Также от компьютера требуется возможность синхронизации с бортовым компьютером беспилотного летательного аппарата (БПЛА), чтобы подправлять

траекторию полета, а в перспективе и полностью контролировать полет, ориентируясь по полю, излучаемому самой ВЛ.

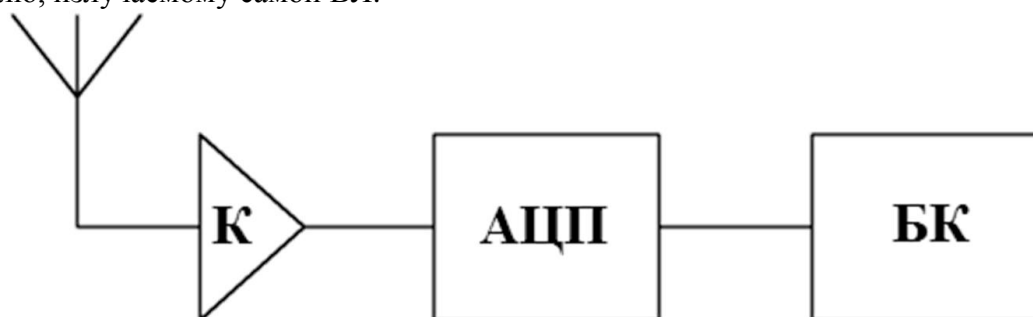


Рисунок 2 – Структурная схема измерения

В соответствии с [4], наиболее важный параметр исследуемых импульсов – частота, находится в допустимых пределах от 0,15–1000 МГц. В данном методе исследований частота импульсов или их длительность являются характерными параметрами. Именно в зависимости от значения частоты необходимо отталкиваться при выборе оборудования, с помощью которого будет проводиться исследование. В общем случае частота или длительность импульсов будут зависеть от первичных волновых параметров ВЛЭП. Исходя из этого, для более точной настройки оборудования, рекомендуется выполнять модели линий для разных изоляторов и разных типов опор. При этом для каждой модели необходима сверка с результатами, полученными при натурных экспериментах. Необходимо создавать модели, которые будут имитировать одновременное воздействие нескольких факторов. Это необходимо для предотвращения фиксации ложного повреждения.

Как было сказано выше, параметры импульса ЭМИР зависят от параметров линии. Возможность приема установки зависит от ее полосы пропускания. В работе [3] были получены амплитудно-частотные характеристики для тракта собранного из прототипа антенны, представляющего собой квадратный соленоид и подключенного к ней цифрового осциллографа, выполняющего функции АЦП. По результатам проведенных исследований необходимо отметить, что, из-за зависимости формы и параметров импульсов от емкостей изоляторов и индуктивностей опор ЛЭП, необходимо создавать антенны и осциллографы с максимально возможными полосами пропускания, во избежание попадания на частоту резонанса, что может сильно исказить результаты.

Список использованных источников

1. Арбузов Р.С., Овсянников А.Г. Современные методы диагностики воздушных линий электропередачи. – Новосибирск: Наука, 2009. – 136 с.
2. Патент РФ № 2421746 (от 20.06.2011), МПК G01R31/08. Способ диагностики высоковольтной линии электропередачи / В.Е. Качесов, Д.Е. Лебедев // БИ № 17, 2011.
3. Лебедев Д.Е., Методы диагностики воздушных линий электропередачи высокого и сверхвысокого напряжения: магистерская диссертация // НГТУ. Новосибирск, 2011, 87 с.
4. Овсянников А.Г. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике. Учебное пособие. – Новосибирск: НГТУ, 2001. – С. 42-44.