

Почему акустический метод...

В последнее время взоры электросетевых предприятий все чаще обращаются в сторону деревянных опор ЛЭП до 10 кВ. Однако из основных преимуществ этих опор — 40-летний срок службы ставится под сомнение без должной технологии их изготовления и контроля при эксплуатации. Диагностика деревянных опор неразрушающим методом — актуальный вопрос, требующий отдельного внимания специалистов.

Игорь ЛИМАНОВ,
генеральный директор ООО «Электротехнические Системы»

В своей статье «Деревянные опоры в зоне внимания», опубликованной в журнале «ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. Передача и распределение» (июль-август 2010 г.), автор — Владимир Поздникин, генеральный директор ООО «Первый деревопропиточный завод», усомнился в правильности метода, выбранного при создании прибора неразрушающего контроля опор — ЛИС-У. Однако его публикация показала, что и представители заводов заинтересованы в контроле производимых ими опор.

Авторы благодарны В. Поздникину за подробный обзор специфики и технологического процесса производства опор. И, поскольку ЛИС-У применим и для контроля опор на складе, при разработке следующей модификации прибора разработчики с удовольствием учтут все указанные в статье нюансы и постараются сделать его максимально удобным для эксплуатации в рамках производственного цикла деревопропиточных заводов.

Чтобы развеять возникшие сомнения относительно возможностей ЛИС-У, в этой статье будут даны некоторые разъяснения.

Неразрушающим контролем называют область техники и технологии, занимающуюся разработкой и использованием устройств и методов для обнаружения и оценки дефектов в различных изделиях. К дефектам

относятся нарушения однородности структуры, разрывы в сплошном покрытии, зоны коррозионного поражения, отклонения химического состава и размеров и др. Применение подобных технологий позволяет решать целый комплекс задач:

- обеспечение безопасности сотрудников, использующих различного рода изделия во время своей работы;
- гарантия безопасности дальнейшего использования изделий для потребителей;
- уменьшение процента регулярно заменяемых изделий за счет точной оценки их использованного ресурса;
- предоставление объективных результатов исследований, что обеспечивает юридическую поддержку в судебных разбирательствах и инспекторских проверках.

Как известно, по ряду параметров деревянные опоры превосходят железобетонные, но с точки зрения контроля их состояния древесина — гораздо более сложный материал и требует особого подхода. Поэтому приоритетной задачей для ООО «Электротехнические Системы» стала разработка способа контроля именно деревянных опор.

При выборе метода мы руководствовались следующими критериями:

- он должен быть неразрушающим, эффективным, простым и максимально точным;

- малозатратным по времени и трудоемкости;
- давать комплексную оценку всей опоры, а не конкретного сечения;
- измеренный параметр должен учитывать любые факторы, влияющие на прочность опоры: трещины, загнивание, степень заделки, внешние нагрузки и т.п.;
- методика измерения должна максимально исключать ошибки, вызванные человеческим фактором: визуальная оценка трещин или других дефектов.

Проведенный патентный поиск в течение 20 лет показал, что ученые многих стран мира работали и работают над решением этой задачи. Сегодня разработаны и описаны различные методы как разрушающего, так и неразрушающего контроля деревянных опор. Все эти исследования давали достаточно точный результат контроля состояния древе-





сины, но были очень трудоемкими и длительными. А самое главное, не полностью отражали истинное состояние опоры.

Было создано много разнообразных приборов, реализующих эти методы, начиная от простого молотка и градуированного шила и заканчивая сложными, громоздкими установками.

В большинстве методов вывод о состоянии опоры делался на основании исследования в одном сечении.



Даже если производилось обкапывание опоры на глубину 50 см, а затем измерения по методике инженера В.В. Шелехова, это не давало возможности судить о степени загнивания всей опоры. Дефект мог быть и ниже, и выше мест проколов. Эквивалентный диаметр опоры определялся только в конкретном сечении.

Применение ультразвуковых приборов для «прозвучивания» опоры также не решало этой задачи, поскольку либо требовало ее обкапывания, либо подъема передатчика на высоту. В первом случае исследовалось одно сечение, во втором — поверхностная часть опоры между передатчиком и приемником, что не позволяло определить наличие внутреннего загнивания древесины.

Установки, реализующие методы испытания опор механическими способами и выполняющие прямое

измерение модуля упругости, дают более полную информацию, но они сложны, громоздки, тяжелы, а поэтому в большинстве случаев бесполезны, т.к. ВЛ электропередачи не везде смонтированы в легкодоступных местах — рядом с подъездными путями. К тому же они тоже могут определить состояние прочности опоры только в промежутке, ограниченном сечениями приложения момента силы, а не по всему ее телу.

Необходимо отметить, что все реализованные на данный момент методы неразрушающего контроля деревянных опор основаны на принципе косвенного измерения критического изгибающего момента силы опоры. Другими словами, измеряется некий параметр опоры и на его основе рассчитывается критический момент силы. Все методики применяются на практике для того, чтобы сравнить критический момент конкретной опоры с минимально не-



обходимым (расчетным) моментом силы для данной ВЛ. Если он выше необходимого — опора годная, если ниже — нет.

Метод прямого измерения критического изгибающего момента силы заключается в том, что к опоре нужно прикладывать возрастающий момент силы и зафиксировать его величину в период потери устойчивости опоры. Понятно, что данный метод не годится для контроля опор, т.к. все измеренные опоры будут разрушены.

Наиболее близким к методу контроля прибором ЛИС-У является метод проверки годности опоры в рамках данной ВЛ. **Поскольку важно не само значение критического момента для данной опоры, а превышает ли он расчетный для линии, то к опорам можно прилагать расчетный момент.** Если опора не потеряла устойчивость — она годна, в противном случае — нет.

Использование данного метода разрушит часть исследуемых опор.

Учитывая все вышеперечисленные недостатки, как один из путей решения задачи быстрого и нетрудозатратного определения прочностных характеристик опоры была исследована возможность разработки прибора, реализующего акустический низкочастотный метод контроля, на основе измерения частот собственных колебаний (ЧСК) опоры.

Приборы, работа которых основана на так называемом методе простукивания, просты и удобны в эксплуатации. Они нашли широкое применение в промышленности для контроля физико-механических свойств (прочности, твердости, пористости) самых разнообразных изделий: шлифовальных кругов, изделий из углеродных материалов, керамики, чугуна, огнеупоров и т.п. По изделию наносят механический удар, осуществляют прием и анализ возникающих колебаний и выделяют сигнал, соответствующий собственной частоте изделия.

Именно этот метод среди всех существующих сегодня способов неразрушающего контроля отвечал вышеизложенным требованиям.

Частота собственных колебаний тесно связана с прочностными характеристиками опоры (модуль упругости, плотность и т.п.). Если говорить языком формул, то скорость звука в опоре можно выразить следующим образом:

$$C_l = \sqrt{\frac{E}{\rho}},$$

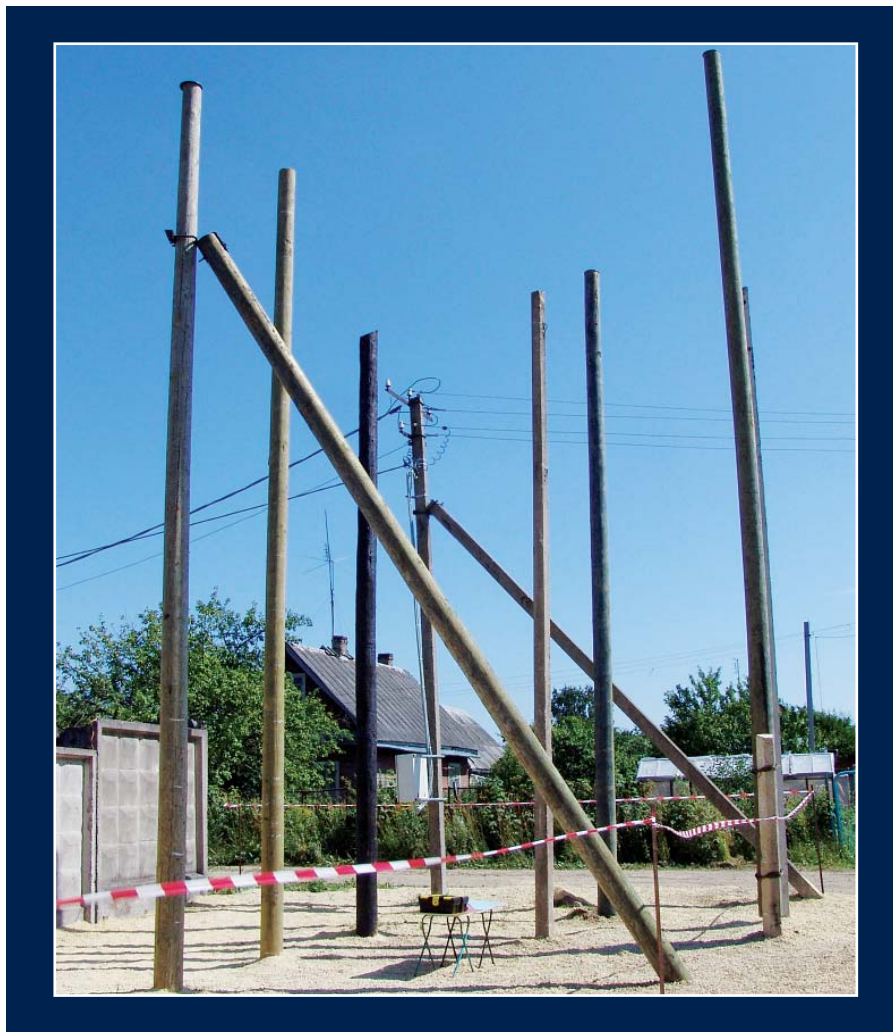
где E — модуль Юнга, ρ — плотность древесины.

Именно по модулю Юнга можно судить о прочностных характеристиках опоры. Связь между скоростью распространения звука и частотой собственных колебаний можно описать следующей формулой:

$$f_{изг(i)} = K \cdot C_l,$$

где $f_{изг(i)}$ — частота собственных колебаний, K — коэффициент формы опоры, характеризующий ее геометрические параметры и материал.

Из этого следует, что частота собственных колебаний точно отражает влияние на свойства опоры внешних факторов: трещин, загнивания, степени заделки, различных нагрузок и т.п. Другими словами, акустика и прочностные качества опоры в рав-



ной степени зависят от упругости опоры и ее геометрических параметров. То есть, измеряя акустику (составляющие частотного спектра опоры), можно оценить прочность опоры (изгибающий момент, эквивалентный диаметр, остаточный ресурс и т.д.). Помимо этого, удастся задействовать несколько каналов изме-

рения — среднюю скорость звука по всей опоре и логарифмический декремент затухания звуковой волны.

Справедливость вышеуказанной теоретической базы была доказана многочисленными испытаниями сначала на макетных образцах, а затем и на реальных опорах. На стадии предварительных экспериментов по

специально разработанным методикам были проведены измерения собственных частот деревянных опор на Первом деревопропиточном заводе (г. Кириши, Ленинградская область), любезно предоставившем для исследования как заготовки для производства опор, так и сами опоры.

Результаты исследований показали возможность применения акустического метода и позволили разработать макет устройства для контроля деревянных опор акустическим методом.

В ОАО «Ленэнерго» на специально созданном полигоне были установлены опоры с известными свойствами и дефектами. Затем эти опоры измерялись и обследовались в течение трех лет разработанным для этих целей прибором ЛИС (линейный измеритель состояния).

Проведенные полевые испытания прибора, его опытная эксплуатация в пяти сетевых филиалах ОАО «Ленэнерго», полностью подтвердили правильность выбранного метода. Дальнейшие исследования показали, что акустический метод позволяет работать также и с бетонными опорами, что значительно расширило эксплуатационные возможности прибора.

В приборе ЛИС-У были реализованы наукоемкие технические решения. Работа с ним очень проста: после ввода параметров исследуемой опоры (номер, адрес и геометрические параметры) пользователю необходимо нанести несколько ударов, затем в течение 2 секунд прибор выводит результат измерения на дисплей. Результаты сохраняются в памяти при-

Коментарий

НУЖЕН ЛИ КОНТРОЛЬ ПРОИЗВОДИТЕЛЮ ОПОР?

Юрий ЖУКОВ,
председатель Координационного совета ветеранов распределительного электросетевого комплекса, к.т.н.:



— Ни один производитель не заинтересован в том, чтобы его продукция контролировалась независимой организацией или прибором. И такая позиция четко прослеживается в статье Владимира Поздникина, генерального директора ООО «Первый деревопропиточный завод». Производитель опор выступает против разработанного при-

бора ЛИС-У, и ему это выгодно. Не имея возможности делать ни входной контроль, ни контроль эксплуатации, сети вынуждены доверять тому, что говорит производитель опор, размещает на сайте и в каталогах.

Кстати, в статье В. Поздникина умалчивается о входном контроле древесины до пропитки на производстве. Возможно

бора, затем их можно экспортировать в базу данных на персональный компьютер для анализа и обработки.

В приборе предусмотрен интерактивный режим работы с пользователем. Если прибор «засомневается» в правильности измерения, то выведет на дисплей указание «Повторите удар» либо укажет на ошибку в действиях электромонтера и даст рекомендации по ее устранению. В приборе реализовано несколько независимых каналов обработки информации. Результат, выводимый на дисплей, формируется на их основе с учетом непротиворечивости данных.

Прибор ЛИС-У был разработан три года назад, запатентован, отмечен медалью ВВЦ и хорошо зарекомендовал себя в компаниях Холдинга МРСК, ко-

торые изъявили желание ознакомиться с его работой на практике.

В настоящее время в мире намечается тенденция применения акустического метода контроля опор ВЛ. В 2010 году на европейском рынке появился прибор СХИ-РТ5000 с аналогичным принципом работы.

В заключение можно сделать следующие выводы. Наиболее просто оценка существенных дефектов опоры может быть произведена путем измерения и анализа частотного спектра собственных колебаний опоры; при этом значение затухания может быть принято как первичный индикатор наличия дефекта.

Повышение надежности и достоверности подобного контроля может быть достигнуто по мере накопления

данных и в результате данных статистического анализа, получаемых при контроле деревянных опор в реальных условиях эксплуатации и соответственно определения наиболее информативных параметров спектра собственных частот, подлежащих регистрации при контроле.

Таким образом, полученные результаты показали, что использование акустического метода контроля, основанного на измерении параметров спектра собственных частот в сочетании с другими методами, заложенными в принцип действия созданного устройства, позволило получить надежный и удобный в эксплуатации прибор. Как сказал один из участников КПД МРСК СЗ: «Очень необходимый и «приземленный прибор», отвечающий всем необходимым требованиям».

Несомненно, все методы контроля опор ВЛ имеют свои преимущества и недостатки. У некоторых способов недостатки столь существенны, что затрудняют их применение на практике.

Цель нашей разработки — предоставить сетевым компаниям прибор, простой в использовании и эффективно оценивающий прочность опоры в целом, а не в ее отдельном сечении.

Соавторами данной статьи также являются: Игорь Московенко, научный руководитель проекта д.т.н.; Елена Коварская, к.т.н.; Борис Белозеров, технический руководитель проекта к.т.н.; Салим Белалами, инженер-разработчик; Дмитрий Попов, инженер-программист; Андрей Символоков, инженер-программист ООО «Электротехнические Системы».



потому, что в данном случае измеряются только геометрические параметры.

Тем не менее, В. Поздникин отмечает необходимость проверки опор в эксплуатации, но методы, которые он указывает, относятся к полуразрушающим. Откапывание опоры на глубину 30–35 см создает предпосылки для ее падения. Кроме того, необходимо понимать, что многие строительно-монтажные организации не всегда закапывают опоры на необходимую глубину. А использование других способов и приборов предполагает проколы деревянных

опор, что создает дополнительное условие для проникновения влаги внутрь, провоцируя загнивание.

На прошедшем в Санкт-Петербурге заседании секции научно-технического совета ОАО «Холдинг МРСК» специалисты в деталях ознакомились с прибором ЛИС-У, увидели его в работе и нашли данную инновационную разработку весьма привлекательной для опытной эксплуатации на предприятиях Холдинга.

Хочу также отметить, что прибор ЛИС-У — технология будущего, которая совершенно меняет характер

работы электромонтера по обслуживанию линий электропередачи, упрощает и ускоряет его действия по проверке опор. Опоры можно без больших трудозатрат проверять ежегодно и даже не один раз в год, следить за динамикой их состояния.

Создать группу и разработать прибор для диагностики деревянных опор — таких попыток было уже много. Но только те специалисты, которые разрабатывали ЛИС-У, досконально и глубоко знают процесс оценки деревянных опор.

Только вопрос: нужно ли это производителю деревянных опор?