

ВОЗМОЖНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСТАЛОСТНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ В СТАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ОПОР ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Тарасов А.Г., Семухин Б.С.

Анализ усталостных повреждений стальных конструкций опор ЛЭП, требует применения новых методов исследования напряженно-деформированного состояния и свойств материала конструкции. Приведены основные идеи метода автоциркуляции импульсов, основанного на исследовании скорости распространения ультразвуковых волн в материале.

Сложность оценки долговечности металлических опор объясняется тем, что их эксплуатация практически всегда сопровождается совместным действием двух процессов: коррозионным процессом, протекающим под действием внешнего агрессивного воздействия окружающей среды, и процессом внутренней усталости металла от ветровой или гололедной нагрузки, на которую может накладываться и электродинамическая нагрузка электрической сети. Переход к широкому применению низколегированных сталей для создания многогранных опор ВЛ 10 -1150 кВ может привести к раннему проявлению усталостных повреждений этих сталей по сравнению с малоуглеродистыми сталями, применяемыми ранее [1].

В этой связи актуальными являются работы, посвященные диагностике и контролю внутреннего состояния стальных металлоконструкций опор ВЛ, как в режиме нормальной эксплуатации, так и в экстремальных режимах. Методики исследований напряженно-деформированного состояния опорной конструкции, особенно в области пластической деформации, требуют, с точки зрения материаловедения, принципиального изменения подхода к анализу свойств материала, из которого выполнена эта конструкция. В этом случае последний уже не может характеризоваться, как в теории упругости, ограниченным набором постоянных физических характеристик, таких как модуль упругости, коэффициент Пуассона, плотность, предел текучести, временное сопротивление разрыву.

Применение метода автоциркуляции импульсов при оценке напряженно-деформированного состояния несущих конструкций опор ВЛ является перспективным не только для контроля остаточных напряжений, возникающих в сварных швах, но и при сравнении однотипных опор, эксплуатирующихся в различных грунтово-климатических условиях.

Возможность измерения скорости ультразвука непосредственно в процессе воздействия на материал или конструкцию внешних и внутренних нагрузок представляет как научный, так и практический интерес. Эффективность разрабатываемого метода определяется тем, что акустические волны, используемые в нем, несут информацию о структуре материала, а их параметры зависят от тех или иных дефектов, возникающих в материале конструкции, например, дислокаций или выделенных поверхностей. Кроме того, напряжения I-го (макро-) и II-го (микро-) рода, возникающие в материале конструкций и приводящие к изменению скорости распространения ультразвука, зависят от конструктивных особенностей опор и прикладываемых внешних нагрузок. Благодаря высокой точности метода измерения скорости ультразвука (его точность достигает 10⁻⁵) привлекательным следует считать возможность определения кинетики изменения остаточных напряжений, возникающих на работающем оборудовании в процессе действия внешних нагрузок.

Метод автоциркуляции импульсов основан на измерении скорости акустических волн, распространяющихся в материале опоры. При этом высокая чувствительность метода достигается тем, что первый ультразвуковой импульс, прошедший по исследуемому материалу, преобразуется в приёмном пьезопреобразователе ультразвукового датчика в электрический сигнал, формирующий следующий вводимый в объект импульс.

Скорость распространения акустических волн в твердых телах определяется модулями упругости и плотностью этих тел. Любое изменение напряженно-деформированного или структурного состояния материала вызывает изменение сил взаимодействия между атомами или места расположения атомов, а, следовательно, и модулей упругости, и, связанной с ними функционально, скорости распространения ультразвука. Прецизионные измерения скорости ультразвука в различных металлах и сплавах позволяют судить о вариациях химического состава, структурных изменениях, однородности строения объекта на микроскопическом уровне, характере распределений внутренних напряжений и пр.

В настоящее время нет строгих математических зависимостей значений скорости акустической волны в материале от конкретных параметров структуры, содержания примесей или уровня механических напряжений. Поэтому эти зависимости устанавливаются экспериментально и фиксируются в градуировочных зависимостях. Найденные в настоящий момент функциональные связи между скоростью акустических волн (v) или частотой автоциркуляции (ν) ультразвуковых импульсов с исследуемыми показателями имеют строгое физическое обоснование.

Оценка характеристик погрешности проводится по алгоритмам, изложенным в нормативных документах МИ1967 «ГСИ. Выбор методов и средств измерений при разработке методик выполнения измерений. Общие положения», МИ1317 «ГСИ. Результаты и характеристики погрешности измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров», ГОСТ8.207 «ГСИ. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений», МИ2083 «ГСИ. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей», МИ 2336 «Характеристики погрешности результатов количественного химического анализа. Алгоритмы оценивания» и адаптированных к разработанной методике выполнения измерений.

Выполняемые нами в настоящее время совместные исследования расширяют возможности использования ультразвукового метода для количественного определения напряжённого состояния металла опор действующих ВЛ при проведении их натурного обследования.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Тарасов А.Г., Харитин А.В. Перспективы применения низколегированных сталей для опор воздушных линий электропередачи. Материалы настоящей конференции.