

А.А.КУЛИКОВ, студент гр. ЭЭБ-152 (КузГТУ)  
Т.М. ЧЕРНИКОВА, д.т.н., профессор (КузГТУ)  
г. Кемерово

## **МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ РАЗРУШЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Высоковольтные изоляторы являются одними из наиболее важных элементов электротехнических устройств, от которых в значительной степени зависят работоспособность и эксплуатационная надежность электрических аппаратов, распределительных узлов и подстанций. В настоящее время в мире все большее распространение получают изоляторы из полимерных композиционных материалов. По сравнению с керамическими или фарфоровыми они обладают рядом значительных преимуществ: меньшая масса и габариты, большая механическая прочность и надежность при эксплуатации, лучшие рабочие характеристики. Только в энергосистемах России эксплуатируются более 250 тысяч полимерных изоляторов (ПИ) различных видов и конструкций [1].

В связи с постоянным усложнением промышленных изделий, широким применением новых материалов и технологий, работой узлов и агрегатов в режимах, близких к предельным, резко возрастают требования к обеспечению технической надежности и эксплуатационной безопасности. При этом весьма актуально стоит задача контроля разрушения и диагностики состояния изделий и конструкций.

Наиболее оптимальными являются неразрушающие методы контроля. Благодаря отсутствию разрушающих воздействий на исследуемый объект и возможности многократного воспроизведения испытаний, данные методы являются причиной значительного внимания к ним со стороны отечественных и зарубежных исследователей.

В настоящей работе проводится анализ существующих неразрушающих методов контроля.

Неразрушающий контроль – это проверка, контроль, оценка надежности параметров и свойств конструкций, оборудования либо отдельных узлов, без вывода из строя (эксплуатации) всего объекта.

Основным отличием, и безусловным преимуществом, неразрушающего контроля (НК) от других видов диагностики является возможность оценить параметры и рабочие свойства объекта, используя способы контроля, которые не предусматривают остановку работы всей системы, демонтажа, вырезки образцов. Исследование проводится непосредственно в условиях эксплуатации. Это позволяет частично исключить материальные и временные затраты, повысить надежность контролируемого объекта [2].

Практика неразрушающего контроля композиционных материалов показала, что для выявления дефектов нашли применение практически все методы и способы, традиционно применяемые в условиях производства, испытаний и эксплуатации техники, особенно при контроле материалов с неметаллической матрицей и наполнителем или комбинированные. Это оптические, электрические, акустические, радиационные, магнитные, тепловые, голографические, микрорадиоволновые и другие методы контроля. Но наиболее широкое распространение получили акустический, электромагнитный, вихретоковый, электрический и радиоволновой методы контроля (табл.) [1].

Как следует из табл., одним из перспективных путей решения проблемы контроля разрушения является использование метода акустической эмиссии (АЭ) [1].

Основными преимуществами метода акустической эмиссии перед традиционными методами неразрушающего контроля являются следующие.

*Интегральность метода*, которая заключается в том, что, используя один или несколько датчиков, установленных неподвижно на поверхности объекта, можно проконтролировать весь объект целиком (100% контроль). Это свойство метода особенно полезно при исследовании труднодоступных (не доступных) поверхностей контролируемого объекта.

В отличие от сканирующих методов неразрушающего контроля, метод АЭ *не требует тщательной подготовки поверхности объекта контроля*. Следовательно, выполнение контроля и его результаты не зависят от состояния поверхности и качества ее обработки. Изоляционное покрытие (если оно имеется) снимается только в местах установки датчиков.

*Обнаружение и регистрация только развивающихся дефектов*, что позволяет классифицировать дефекты не по размерам (или по другим косвенным признакам – форме, положению, ориентации дефектов), а по степени их опасности (влияние на прочность) для контролируемого объекта.

*Высокая производительность*, во много раз превосходящая производительность традиционных методов неразрушающего контроля, таких как ультразвуковой, радиографический, вихретоковый, магнитный и др.

*Дистанционность метода* – возможность проведения контроля при значительном удалении оператора от исследуемого объекта. Данная особенность метода позволяет эффективно использовать его для контроля (мониторинга) ответственных крупногабаритных конструкций, протяженных или особо опасных объектов без вывода их из эксплуатации и вреда для персонала.

Возможность отслеживания различных технологических процессов и оценка технического состояния объекта *в режиме реального времени*, что позволяет предотвратить аварийное разрушение контролируемого объекта.

Таблица.

## Наиболее распространенные методы неразрушающего контроля

Вид контроля	Контролируемые виды изделий	Характер взаимодействия физических полей с контролируемым объектом	Преимущества метода	Недостатки метода
Акустический	практически для любого материала	прошедшего излучения, отраженного излучения (эхо-метод), резонансный, свободных колебаний	1) быстрота; 2) дает немедленные результаты; 3) может быть использован на различных материалах	1) требуется хороший контакт преобразователя с поверхностью; 2) оборудование требует регулярной настройки.
Магнитный	детали, изготовленные из ферромагнитных материалов	магнитный	1) экономичность метода; 2) безвредность для экологии и оператора; 3) высокая производительность	1) усиление шва существенно снижает чувствительных методов контроля; 2) чувствительность метода зависит от шероховатости поверхности контролируемой детали
Вихре-токовый	металлы, сплавы, графиты, полупроводники	прошедшего излучения, отраженного излучения	1) вихре-токовый контроль можно проводить без контакта преобразователя и объекта; 2) многопараметровость	1) контроль только у электропроводящих объектов; 2) искажение одного параметра другими.
Электрический	практически для любого материала.	электрический, трибо-электрический, термо-электрический	быстрота	1) необходимость контакта с объектом контроля; 2) жесткие требования к чистоте поверхности изделия; 3) трудно автоматизировать процесс измерения
Электро-магнитный	любой материал	электрический, магнитный	1) быстрота; 2) дает немедленные результаты; 3) можно проводить без контакта преобразователя и объекта; 4) информативность	1) оборудование требует регулярной настройки

Радио- волно- вой	диэлек- триче- ские и полу- провод- никовые изделия.	прошедшего излучения, отраженного излучения, рассеянного излучения, резонансный.	1) применяют для ре- шения всех типовых задач неразрушающего контроля	1) контроль только ди- электрических и полу- проводниковых изде- лий; 2) радиоволны прони- кают в металл на еди- ницы микрон
-------------------------	--	--	--	--

Наряду с перечисленными методами в последнее время проводятся широкие исследования контроля разрушения с помощью метода электромагнитного излучения (ЭМИ).

Преимущества метода ЭМИ перед акустической эмиссией заключаются в том, что скорость распространения акустических волн  $10^2$ - $10^3$  м/с. При размерах образца  $10^{-2}$  м до датчиков сигнал АЭ от трещины доходит за  $10^{-5}$ - $10^{-4}$  с ( $10^{-2}$  м /  $10^2$ - $10^3$  м/с  $\approx 10^{-4}$ - $10^{-5}$  с). Скорость генерации микротрещин во многих случаях составляет примерно 100 трещин за  $10^{-6}$  с. То есть метод АЭ позволяет регистрировать только ансамбли микротрещин: до 1000-10000 трещин в импульсе. Отдельные трещины практически не регистрируются. Скорость распространения ЭМИ составляет  $3 \cdot 10^8$  м/с, поэтому сигнал до датчика доходит за  $10^{-11}$  с, т.е. можно разделить импульсы отдельных микротрещин, что способствует высокой информативности метода [3].

Кроме того, метод ЭМИ является бесконтактным, не требующим внедрения в объем материала, не требуется также внешний источник возбуждения, поскольку источники ЭМИ находятся в самом материале [3].

Таким образом, в настоящее время не существует одного универсального метода, способного решить все задачи контроля разрушения. Поэтому исследования и разработки новых методов и измерительных средств для их осуществления крайне важны для диагностики и предотвращения разрушения композиционных материалов электротехнического назначения.

### Список литературы

1. Белокур, И.П. Методы неразрушающего контроля [Текст] / И. П. Белокур. – Киев.: Вицашк, 1990. – 192 с.
2. Барынин, В. А. Современные технологии неразрушающего контроля конструкций из полимерных композиционных материалов [Текст] / В. А. Барынин, О. Н. Будадин. – М.: Спектр, 2013. – 242 с.
3. Черникова, Т.М. Метод контроля разрушения композиционных материалов на основе анализа электромагнитного излучения [Текст] / Т.М. Черникова, В. В. Иванов // Естественные и технические науки, 2012.– № 6.– С.365–369.