

УДК: 622.235

КОНТРОЛЬ ПРОЦЕССА РАЗРУШЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЧАСТОТЫ ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ НАГРУЖЕНИИ

Е.А. Михайлова

В статье рассматривается исследование изменения частоты импульсного электромагнитного излучения, возникающего при механическом нагружении фенопластов и текстолитов, а также возможность использования полученных результатов для контроля разрушения композиционных материалов.

Ключевые слова: контроль, процесс разрушения, электромагнитное излучение, композиционные материалы, частота.

Широкое применение композиционных материалов во всех сферах жизнедеятельности человека предъявляет к ним высокие требования по качеству и надежности. Для того, чтобы соответствовать этим требованиям, нужны точные методы контроля изделий, которые позволят оценить механические свойства материалов. В процессе разработки и эксплуатации оборудования возникает необходимость в неразрушающем методе контроля качества продукции из композиционных материалов. В настоящее время наиболее простыми и надежными являются акустические, радиационные и электромагнитные методы. Однако, по до сих пор не было исследований изменения частоты импульсного электромагнитного излучения (ЭМИ) для контроля процесса разрушения.

Исследования образцов композиционных материалов проводилось на установке [1], блок-схема которой приведена на рисунке 1.

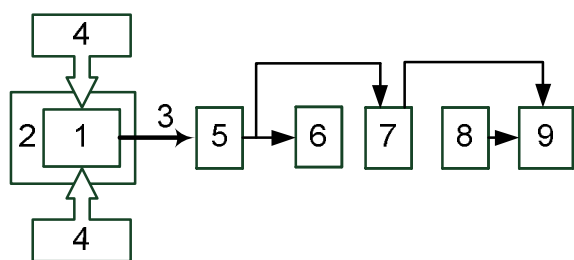


Рисунок 1 – Блок-схема установки

Образец материала 1, из которого изготовлено изделие, помещался в экранированную ячейку 2 с антенной 3 и нагружался при помощи устройства 4 до полного разрушения. В процессе нагружения с помощью антенны и усилителя 5 регистрировались импульсы ЭМИ. С помощью счетчика 7 регистрировалось число импульсов, таймер 8 регистрировал текущее время. Накопленное число им-

пульсов и время процесса накопления этих импульсов поступали в запоминающее устройство 9, из которого они могли быть выведены на экран дисплея или принтер. На экране осциллографа 6 отражалась характеристика зарегистрированного импульса ЭМИ.

Параметры лабораторной установки подбирались таким образом, чтобы искажения формы коротких импульсов были минимальными. Коэффициент передачи всех четырехполюсников по напряжению определялся путем передачи на входные клеммы установки калиброванных коротких прямоугольных импульсов с заданной амплитудой и регистрации полученных сигналов на экране осциллографа. При этом входные и выходные характеристики всех приборов установки подбирались таким образом, чтобы искажения прямоугольных импульсов длительностью до 1 мкс были минимальными.

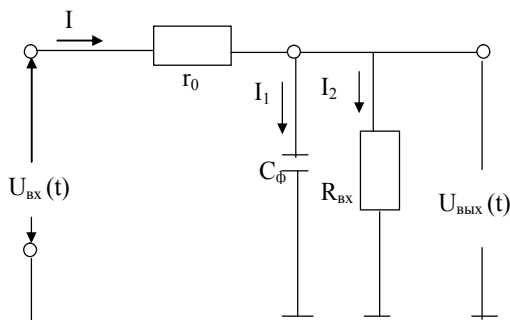
При проведении измерений учитывалось влияние паразитных емкостей кабеля и общего сопротивления входных цепей схемы. Это необходимо в целях устранения искажения формы полезного сигнала. Емкостью приемной антенны можно пренебречь, так как она много меньше паразитной емкости коаксиальных заземленных кабелей, которая может быть подсчитана по формуле:

$$C = \frac{2\pi\epsilon\epsilon_0 l_k}{\ln(R_2/R_1)}, \quad (1)$$

где l_k - длина кабеля; $\epsilon\epsilon_0$ - диэлектрическая проницаемость воздуха; $R_{1,2}$ - радиусы провода и сетчатой оболочки кабеля соответственно. Эквивалентная электрическая схема входных цепей установки будет иметь вид, показанный на рисунке 2.

Переходный процесс при поступлении на вход схемы импульса излучения можно описать системой уравнений:

Рисунок 2 – Эквивалентная электрическая схема



входных цепей установки: r_0 - электрическое сопротивление подводящих цепей; $U_{вх}(t)$ - искаженный сигнал, попадающий на пластины осциллографа; $R_{вх}$ - входное сопротивление осциллографа; $C_ф$ - паразитная емкость экранированного кабеля

$$I = I_1 + I_2, \quad (2)$$

$$U_{вх} = r_0 I + \frac{1}{C_0} \int I_1 dt, \quad (3)$$

$$R_{вх} I_2 = U_{вх} = \frac{1}{C_0} \int I_1 dt, \quad (4)$$

где r_0 - суммарное электрическое сопротивление образца, подводящих цепей и проводов; $U_{вх}$ - искаженный сигнал, попадающий на пластины осциллографа; $R_{вх}$ - входное электрическое сопротивление осциллографа.

Решая данную систему, получим:

$$U_{вх} = \frac{R_{вх} \bar{u}}{(r_0 + R_{вх})} (1 - e^{-t/\tau_R}), 0 \leq t \leq \bar{T}, \quad (5)$$

$$U_{вх} = \frac{R_{вх} \bar{u}}{(r_0 + R_{вх})} e^{-t/\tau_R} (e^{\bar{T}/\tau_R} - 1), t \geq \bar{T}, \quad (6)$$

где \bar{T} - длительность прямоугольного импульса.

Сопротивление исследуемых композиционных материалов и подводящих цепей составляет мегаомы, т.е. $r_0 \gg R_{вх}$, поэтому постоянная времени переходного процесса $\tau_R = R_{вх} C_ф$. Для регулируемого входного сопротивления осциллографа 50 Ом; 10 кОм; 100 кОм получаем соответственно $\tau_R \leq 8 \cdot 10^{-9}$ с; $1,5 \cdot 10^{-6}$ с; $15 \cdot 10^{-6}$ с. Искажение формы двух следующих друг за другом прямоугольных импульсов при различном соотношении дли-

тельности \bar{T} этих импульсов и постоянной времени переходного процесса τ_R показано на рисунке 3. Искажения минимальны при $\tau_R / \bar{T} = 0,1$ (кривая 1 на рисунок 3), при $\tau_R / \bar{T} \approx 10$ искажения формы импульсов значительны, при этом амплитуда также оказывается примерно в 10 раз меньше (кривая 2 на рисунке 3).

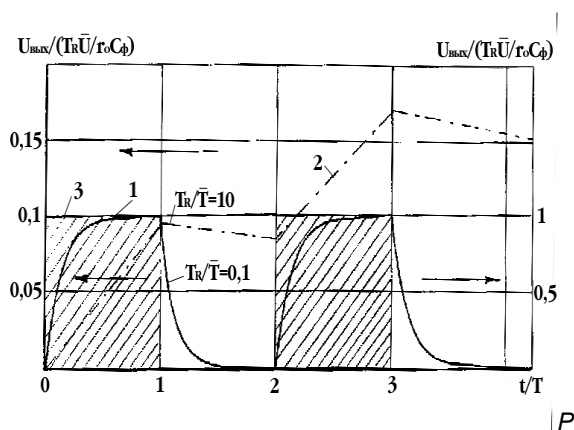


Рисунок 3 – Искажение прямоугольных импульсов (3) входными цепями лабораторной установки

Учитывая вышесказанное, для увеличения чувствительности входных цепей схемы входное сопротивление осциллографа следует подбирать так, чтобы постоянная времени переходных процессов была меньше длительности импульса не менее, чем на порядок. В нашем случае для импульсов ЭМИ это условие выполняется уже при входном сопротивлении не более 10 кОм.

Исследование частоты импульсного ЭМИ, возникающего в процессе нагружения, проводилось на образцах фенопластов.

Нагружение производилось со скоростью $10^5 - 10^6$ Па/с.

На рисунке 4 приведены результаты обработки данных эксперимента для образцов фенопласта О122. Из рисунка 4 следует, что можно выделить три стадии разрушения образцов композиционных материалов. Первая стадия - I (до $0,4 \sigma_p$) - начало нагружения и образование микротрещин. Она характеризуется тем, что импульсы ЭМИ регистрируются на частотах до 1000 кГц.

На этой стадии по мере роста нагрузки увеличивается максимальная амплитуда импульсов. Частота сначала увеличивается, а к концу стадии снижается. Это связано с этапом зарождения микротрещин.

Вторая стадия - II соответствует нагрузкам $0,4 - 0,6 \sigma_p$. На этой стадии импульсы регистрируются на частотах 300-500 кГц. Это связано с накоплением микротрещин и слиянием их в более крупные трещины.

Амплитуда сигнала электромагнитного излучения при возникновении более крупных

трещин увеличивается, а частота, будучи обратно пропорциональной размеру трещин, снижается.

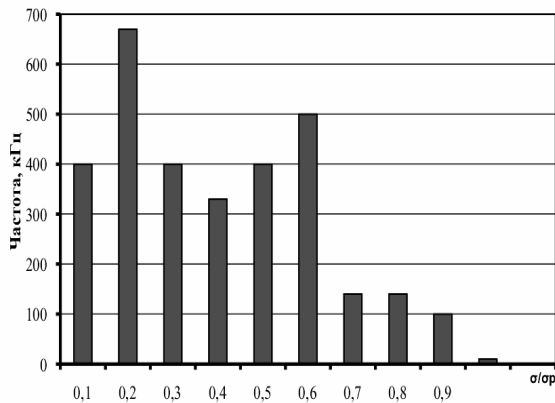


Рисунок 4 –Изменение частоты импульсов ЭМИ в процессе нагружения образца фенопласта O122

Третья стадия – III (0,6-0,99 σ_p) соотносится с процессом формирования зоны магистральной трещины, в окрестностях которой, наряду с относительно крупными трещинами, возникает большое число мелких трещин, генерирующих высокие частоты. Поэтому наблюдается некоторое увеличение частоты ЭМИ. В конце стадии происходит прорастание магистральной трещины и нарушение сплошности образца. Частота импульсов ЭМИ в конце третьей стадии (при 0,90-0,99 σ_p) уменьшается до 100-150 кГц (на некоторых образцах до 2-10 кГц).

Аналогичный результат получен при анализе зависимостей спектрального состава от нагрузки для образцов фенопластов T110, T250 (рисунки 5,6).

Как следует из результатов эксперимента, в процессе нагружения частота импульсного ЭМИ изменяется. Перед непосредственным разрушением образца (при 0,90-0,99 σ_p) наблюдается снижение частоты ЭМИ.

Таким образом, регистрируя частоту возникающего ЭМИ, можно осуществлять контроль разрушения образцов:

- при регистрации частоты ЭМИ в пределах 700-1000 кГц образец находится на первой стадии нагружения (до 0,4 σ_p);
- снижение частоты излучения до 300-500 кГц указывает на то, что процесс перешел на вторую стадию (0,4-0,6 σ_p);
- уменьшение частоты до 10-100 кГц свидетельствует о нахождении образца в предразрушающей стадии и необходимости принятия мер по предотвращению разрушения или обеспечению безопасности процесса.

Для образцов текстолитов ПТН, ПТМ, ПТК также наблюдается аналогичная зависи-

мость частоты импульсов ЭМИ от нагрузки. Но происходит некоторое смещение первого этапа в область более низких нагрузок. Для образцов текстолита первый этап наблюдается при нагрузках до 0,2 σ_p , второй этап: 0,2-0,4 σ_p , третий этап: 0,5-0,99 σ_p .

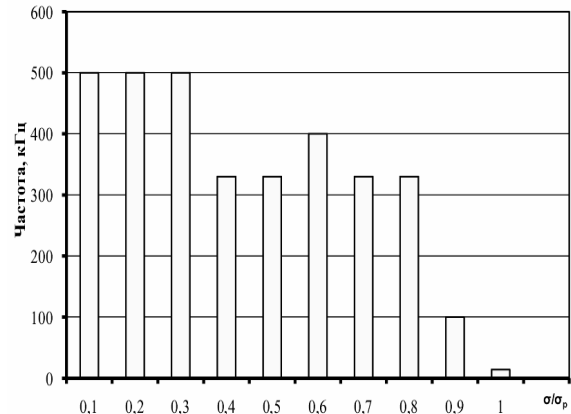


Рисунок 5 –Изменение частоты импульсов ЭМИ в процессе нагружения образца фенопласта T110

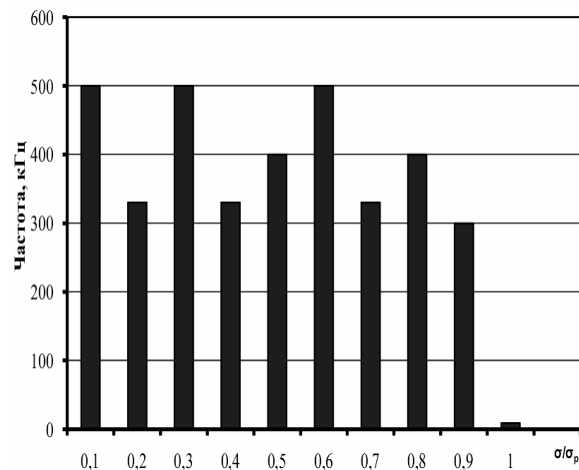


Рисунок 6 –Изменение частоты импульсов ЭМИ в процессе нагружения образца фенопласта T260

Заключение

Таким образом, по результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что изменение частоты ЭМИ, при нагружении образцов композиционных материалов, позволяет поэтапно представить процесс разрушения композитов.

Наблюдая за частотой излучения, можно контролировать процесс разрушения, поскольку каждой стадии нагружения соответствует определенная частота излучения ЭМИ. Дальнейшие исследования в этой области представляются перспективными с целью использования полученных результатов для контроля разрушения материалов и изделий из них.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Климов, В. Контроль разрушения и долговечности композиционных материалов / В. И. Климов, Т. М. Черникова // Кемерово: КузГТУ, 1997.

Соискатель на кафедре теоретической и геотехнической механики Кузбасский Государственный Технический Университет, Михайлова Е.А., тел. (3842) 45-39-07, katushenka82@inbox.ru – Объединенное диспетчерское управление энергосистемами Сибири, специалист 1 категории

УДК: 004.78

ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ГЕТЕРОГЕННЫХ СРЕД

Л.И.Сучкова

В статье рассматривается архитектура автоматизированной системы оперативного мониторинга температуры. Предлагаются решения, обеспечивающие надежность доставки информации, гибкость и расширяемость системы контроля.

Ключевые слова: мониторинг, температурный режим, программируемый контроллер

Контроль температурного режима в гетерогенных средах является важным фактором обеспечения надежности и безопасности функционирования сложных технических объектов. Примерами таких объектов являются энергоблоки АЭС, зернохранилища, энергетические котлоагрегаты, устройства для производства химической продукции, печи для пищевой промышленности, ленточные конвейеры в шахтах [1-3].

Основными задачами контроля являются отслеживание изменения температуры объекта, обнаружение нештатной ситуации на ранней стадии ее развития с учетом прогнозирования, определение места ее проявления и оперативное оповещение диспетчерских служб.

Разработана система оперативного контроля температурного режима, в состав которой входят:

- периферийные датчики и программируемые контроллеры (PLC), обеспечивающие непосредственный съем информации с объектов контроля;
- технологические компьютеры (ТК);
- комплекс технических и программных средств, обеспечивающих обмен данными и ее передачу через сеть, радиоканал или последовательный интерфейс RS-485 на технологические компьютеры и/или на портал университета, где обеспечивается хранение информации в базе данных (БД).

Управление работой программируемых логических контроллеров производится с ТК, которые объединены в сеть и представляют собой верхний уровень архитектуры системы.

Средний уровень архитектуры включает PLC, связанные с ТК через интерфейс RS485

или Ethernet. В качестве PLC в пилотном варианте системы использовались контроллеры I7188 (ICP-DAS), предназначенные для выполнения функций сбора, преобработки, резервного сохранения информации с нижнего уровня и дальнейшей передачи её на ТК. Источниками данных для I7188 являются контроллеры сети MicroLAN. Программное обеспечение контроллера I7188 спроектировано с учетом принципа ведения архива с адаптивной структурой и резервирования данных, за обмен которыми с технологическим компьютером отвечает данный контроллер.

Нижний уровень системы включает в себя контроллеры сети MicroLAN, датчики температуры DS1820. Контроллер сети MicroLAN выполнен на основе процессора Atmega64 фирмы Atmel и предназначен для реализации протокола обмена данными 1-Wire фирмы Dallas, сбора данных с устройств нижнего уровня, преобразования в требуемый формат данных и передачи на более высокий уровень в соответствии с разработанным протоколом обмена. Сеть MicroLAN (Dallas) была выбрана для повышения надежности передачи информации. К ее достоинствам следует отнести возможность питания ведомых устройств непосредственно от информационной линии, и большое количество стандартных измерительных приборов в интегральном исполнении, использующих этот интерфейс.

Обмен информацией ТК с PLC осуществляется непрерывно с временным интервалом, зависящим от динамических свойств контролируемого параметра с использованием так называемого «веерного» протокола [4]. Наивысший приоритет при контроле имеют сигналы о нештатных ситуациях (НС), к