Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору

А30-387

Серия 28

Неразрушающий контроль

Выпуск 8

ТРЕБОВАНИЯ
К АКУСТИКО-ЭМИССИОННОЙ АППАРАТУРЕ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

РД 03-299-99

2009

Федеральная служба по экологическому,
технологическому и атомному надзору

Серия 28
Неразрушающий контроль

Выпуск 8

ТРЕБОВАНИЯ К АКУСТИКО-ЭМИССИОННОЙ АППАРАТУРЕ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

РД 03-299–99

Москва
НТЦ «Промышленная безопасность»
2009

ББК 34.47
Т66

Т66 **Требования к акустико-эмиссионной аппаратуре, используемой для контроля опасных производственных объектов (РД 03-299–99). Серия 28. Выпуск 8.** — М.: Научно-технический центр по безопасности в промышленности, 2009. — 32 с.

ISBN 978-5-9687-0180-0.

Настоящий документ предназначен для руководства при определении технических характеристик и параметров аппаратуры АЭ в процессе испытаний. Данный документ определяет методы и средства определения параметров и технических характеристик аппаратуры АЭ в процессе испытаний. Документ следует использовать при первичных и периодических испытаниях аппаратуры АЭ или после устранения отказа в работе аппаратуры.

ББК 34.47

ISBN 978-5-9687-0180-0

© Оформление. Научно-технический центр по безопасности в промышленности, 2009

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения 5
2. Назначение и область применения документа 6
3. Классификация средств акустико-эмиссионного контроля 7
4. Состав аппаратуры акустической эмиссии 9
5. Параметры и технические характеристики аппаратуры акустической эмиссии 9
5.1. Основные параметры и технические характеристики 10
5.2. Общие параметры и технические характеристики 10
6. Требования к параметрам и техническим характеристикам аппаратуры акустической эмиссии (АЭ) 10
7. Параметры и характеристики аппаратуры акустической эмиссии, подлежащие определению 12
8. Порядок проведения измерений параметров аппаратуры акустической эмиссии при ее испытаниях 13
9. Условия испытаний 15
10. Технические средства, используемые при испытаниях аппаратуры акустической эмиссии 15
11. Подготовка к проведению испытаний 17
12. Измерения параметров акустико-эмиссионной аппаратуры 17
12.1. Общие требования 17
12.2. Определение частотной характеристики и полосы частот 18
12.3. Измерение усиления 19

© Оформление. НТЦ «Промышленная безопасность», 2009

12.4. Измерение динамического диапазона 20
12.5. Измерение скорости обработки сигналов 21
12.6. Измерение порогового уровня 22
12.7. Проверка характеристик измерения информативных параметров сигналов АЭ 23
13. Оформление результатов измерений 26
Приложение А. Использованные документы 27
Приложение Б. Термины и определения 28
Приложение В. Содержание паспорта системы (прибора) акустической эмиссии 30

Утверждены
постановлением Госгортехнадзора
России от 15.07.99 № 52
Введены в действие с 01.10.99

ТРЕБОВАНИЯ К АКУСТИКО-ЭМИССИОННОЙ АППАРАТУРЕ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ*

РД 03-299–99

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Аппаратура (аппаратные средства) акустической эмиссии (АЭ) представляет собой акустико-электронные устройства, которые используются при выполнении акустико-эмиссионного неразрушающего контроля процесса образования, наличия и процесса развития дефектов в контролируемом объекте. Метод акустической эмиссии относится к акустическому виду контроля и является пассивным методом в соответствии со схемой получения информации. Это определяет структуру аппаратуры, основными задачами которой являются прием и идентификация сигналов АЭ, их усиление, обработка, выделение и определение значений параметров сигналов, регистрация и предоставление информации.

Акустико-эмиссионный процесс при пластической деформации и разрушении материалов является стохастическим импульс-

* Требования подготовлены Самарским филиалом АООТ «Оргэнергонефть» и Российским научным центром «Курчатовский институт» при участии специалистов Госгортехнадзора России.

Редакционная комиссия: А.А. Шаталов, Н.А. Хапонен, В.А. Баранов, Ю.А. Семенов, И.П. Песоцкий, Г.М. Селезнев.

© Оформление. НТЦ «Промышленная безопасность», 2009

ным процессом. Трение и истечение рабочего тела сопровождается непрерывной АЭ. Вид АЭ определяет приемы обработки сигналов, выделяемые параметры и структуру приборов.

Характерной особенностью аппаратуры АЭ является необходимость работы в относительно большом динамическом диапазоне, что обусловлено важностью обнаружения единичных сигналов АЭ малой амплитуды, а также необходимостью регистрировать сигналы АЭ при ускоренном развитии трещин, для которых характерны интенсивный поток импульсов относительно больших амплитуд. Динамический диапазон сигналов АЭ при выполнении контроля может достигать 100 дБ и более.

Технические средства АЭ-метода являются средствами контроля объектов и определения значений параметров сигналов АЭ. Они имеют параметры и технические характеристики, которые должны быть определены для каждой системы (прибора) АЭ в процессе сертификационных испытаний.

2. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ДОКУМЕНТА

2.1. Настоящий документ предназначен для руководства при определении технических характеристик и параметров аппаратуры АЭ в процессе испытаний. Данный документ определяет методы и средства определения параметров и технических характеристик аппаратуры АЭ в процессе испытаний. Документ следует использовать при первичных и периодических испытаниях аппаратуры АЭ или после устранения отказа в работе аппаратуры.

2.2. В случае если в технической документации на прибор АЭ изготовитель предусмотрел определение значений параметров прибора, должна быть использована методика изготовителя совместно с методами, описанными в данном документе.

2.3. Методики контроля и определения значений параметров и технических характеристик блоков или компонентов приборов АЭ и результаты выполненных операций должны быть оформлены документально.

2.4. В современных АЭ-системах для управления сбором, накоплением, представлением и анализом данных используются процессоры (мини- или микрокомпьютеры) и периферийные устройства. Применяемые вычислительные блоки системы АЭ рассматриваются как самостоятельные блоки — неспециальная часть аппаратуры АЭ. В этой связи при аттестации АЭ-систем, включающих ЭВМ, следует использовать рекомендации изготовителя вычислительной техники и периферийных устройств. Документ не регламентирует испытания ЭВМ и ее периферии.

3. КЛАССИФИКАЦИЯ СРЕДСТВ АКУСТИКО-ЭМИССИОННОГО КОНТРОЛЯ

3.1. Средства АЭ-контроля по их сложности разделяются на приборы и системы. Приборы АЭ подразделяются на:

3.1.1. Одноканальные.

3.1.2. Двухканальные.

3.1.3. Четырехканальные.

3.1.4. Многоканальные.

Системы АЭ — многоканальные сложные устройства, представляющие собой совокупность аппаратных средств, вычислительных устройств и специализированного программного обеспечения и включающие как специализированные процессоры, так и универсальные ЭВМ.

3.2. По месту использования аппаратных средств они делятся на:

3.2.1. Лабораторные.

3.2.2. Полевые.

3.3. По способу использования подразделяются на:

3.3.1. Стационарные.

3.3.2. Мобильные (установленные на технических средствах перемещения).

3.3.3. Переносные.

3.4. По области применения подразделяются на:

3.4.1. Универсальные.

© Оформление. НТЦ «Промышленная безопасность», 2009

3.4.2. Специализированные.

3.5. По классу аппаратные средства АЭ-контроля разделяются на четыре класса, в соответствии с объемом получаемой при АЭ-контроле информации.

3.5.1. Аппаратура I класса обеспечивает выделение, обработку, представление и классификацию источников АЭ в полном соответствии с Правилами организации и проведения акустико-эмиссионного контроля сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов (РД 03-131–97). К аппаратуре I класса относятся универсальные АЭ-системы.

3.5.2. Аппаратура II класса — аппаратура, которая не обеспечивает выделение, обработку, представление и классификацию источников АЭ по одному или нескольким, но не более чем 25 % параметров, указанных в Правилах организации и проведения акустико-эмиссионного контроля сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов (РД 03-131-97). К аппаратуре II класса относятся приборы АЭ широкого применения.

3.5.3. Аппаратура III класса — аппаратура, которая не обеспечивает выделение, обработку, представление и классификацию источников АЭ по 25–50 % параметров, указанных в Правилах организации и проведения акустико-эмиссионного контроля сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов (РД 03-131–97). К аппаратуре III класса относятся специализированные приборы АЭ.

3.5.4. Аппаратура IV класса — аппаратура, которая не обеспечивает выделение, обработку, представление и классификацию источников АЭ по более чем 50 % параметров, указанных в Правилах организации и проведения акустико-эмиссионного контроля сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов (РД 03-131–97). К аппаратуре IV класса относятся узкоспециализированные приборы АЭ.

Все перечисленные в данном документе требования относятся к аппаратуре I и II класса.

4. СОСТАВ АППАРАТУРЫ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

В состав аппаратуры АЭ входят, как правило, следующие блоки:

преобразователи АЭ (ПАЭ);

предварительные и основные усилители;

средства идентификации и обработки сигналов, включая пороговые устройства, устройства выделения и измерений параметров сигналов АЭ, устройства регистрации и представления информации;

средства измерения вспомогательных параметров;

контроллеры.

В состав аппаратуры АЭ по согласованию с заказчиком могут входить также ЭВМ, устройства крепления акустических преобразователей, кабельные линии, датчики регистрации вспомогательных физических величин и другое оборудование, с учетом особенностей использования. Требования к преобразователям АЭ и методы их калибровки приведены в Требованиях к преобразователям акустической эмиссии, применяемым для контроля опасных производственных объектов (РД 03-300–99).

5. ПАРАМЕТРЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АППАРАТУРЫ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

Технические данные, характеризующие работу аппаратуры АЭ, подразделяются на основные (параметры и технические характеристики) и общие (параметры и технические характеристики).

Основные параметры и технические характеристики аппаратуры АЭ — это технические данные, важные для оценки состояния контролируемого объекта, которые находят наиболее частое и адекватное использование в практике АЭ-контроля. Все остальные технические данные относятся к разряду общих. Основные параметры и технические характеристики аппаратуры АЭ должны быть представлены в паспорте на аппаратуру и являются объектом аттестации.

© Оформление. НТЦ «Промышленная безопасность», 2009

5.1. Основные параметры и технические характеристики

К основным параметрам и техническим характеристикам аппаратуры АЭ относятся:

5.1.1. Напряжение собственных шумов усилительного тракта $U_ш$.

5.1.2. Динамический диапазон усилительного тракта.

5.1.3. Диапазон рабочих частот.

5.1.4. Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ).

5.1.5. Максимальная скорость обработки импульсов АЭ.

5.1.6. Число каналов аппаратуры.

5.1.7. Перечень измеряемых параметров сигнала АЭ.

5.1.8. Перечень устанавливаемых параметров аппаратуры АЭ.

5.2. Общие параметры и технические характеристики

5.2.1. Напряжение электрического питания.

5.2.2. Потребляемая мощность.

5.2.3. Климатические и технические условия работы аппаратуры (влажность, температура и др.).

5.2.4. Масса аппаратуры.

5.2.5. Габаритные размеры аппаратуры и отдельных блоков.

5.2.6. Число блоков аппаратуры.

6. ТРЕБОВАНИЯ К ПАРАМЕТРАМ И ТЕХНИЧЕСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ АППАРАТУРЫ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ (АЭ)

К параметрам и техническим характеристикам аппаратуры АЭ, используемой для контроля объектов, подконтрольных Госгортехнадзору России, предъявляются следующие требования:

6.1. Эффективное значение напряжения собственных шумов усилительного тракта (в режиме короткого замыкания его входа), приведенное к входу усилительного тракта, не должно превышать 5 мкВ.

6.2. Динамический диапазон измерения амплитуды сигнала АЭ должен быть не менее 60 дБ.

6.3. Диапазон рабочих частот аппаратуры должен входить в диапазон 10,0 кГц — 1,0 МГц. Максимальные отклонения частот среза не должны превышать 10 % номинальных значений частот среза.

Ослабление за пределами рабочего диапазона при расстройке относительно частот среза на октаву (в 2 раза) по каждому каналу АЭ-аппаратуры должно быть, как правило, не менее 30 дБ. Неравномерность амплитудно-частотной характеристики не должна превышать ± 3 дБ.

6.4. Погрешность измерения амплитуды сигнала АЭ не должна превышать ± 2 дБ при измерении на среднегеометрической частоте рабочего диапазона частот.

6.5. Диапазон регулировки порогового напряжения, приведенного к входу, 20–80 дБ (относительно 1 мкВ на входе усилительного тракта), разрешение 1 дБ.

6.6. Наряду с фиксированным порогом допускается применение «плавающего порога». Превышение уровня порога над среднеквадратичным значением уровня шума должно регулироваться в пределах 10–20 дБ.

6.7. В аппаратуре должен быть блок расчета энергии (энергетических параметров) импульсов АЭ.

6.8. Устанавливаемые временные параметры аппаратуры (интервал контроля максимального значения импульса АЭ, длительности импульса, окончания импульса) 50 мкс — 65 мс.

6.9. Наличие в аппаратуре световой и (или) звуковой сигнализации, которая включается при превышении установленного порога.

6.10. При регистрации времени поступления сигнала АЭ разрешение не более 1 мкс.

6.11. Диапазон измерения длительности сигнала не менее 65 мс, разрешение не более 1 мкс.

© Оформление. НТЦ «Промышленная безопасность», 2009

6.12. Диапазон измерения числа выбросов (в импульсе) не менее 65 000, разрешение 1.

6.13. Диапазон измерения времени нарастания сигнала (достижения максимального значения) не менее 65 мс, разрешение не более 1 мкс.

6.14. Скорость обработки импульсов АЭ при работе в одноканальном режиме не менее 1000 1/с.

6.15. Аппаратура должна обеспечивать регистрацию и архивирование первичных параметров сигналов АЭ и их зависимостей на срок не менее 10 лет.

6.16. Оценка первичных измеряемых параметров сигналов акустической эмиссии по каждому каналу производится сравнением значений параметров сигнала, задаваемых генератором (имитатором), со значением, измеренным аппаратурой. Относительная погрешность должна быть:

для временных параметров — не более 0,5 % ± 1 мкс;

для остальных параметров — не более 2 дБ.

Измерения производят на среднегеометрической частоте диапазона рабочих частот прибора.

6.17. Параметрический канал должен обеспечивать динамический диапазон измерения параметров не менее 60 дБ.

6.18. В аппаратуре рекомендуется иметь счетчик числа циклов нагружения, выполненный на аппаратурном или программном уровне.

6.19. Напряжение питания по переменному току, напряжение 127–220 В, по постоянному току, напряжение 12–24 В.

6.20. Потребляемая мощность до 2,5 кВт.

7. ПАРАМЕТРЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ АППАРАТУРЫ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ, ПОДЛЕЖАЩИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЮ

Определению подлежат следующие параметры и технические характеристики аппаратуры АЭ:

напряжение собственных шумов усилительного тракта, приведенное к входу;

диапазон рабочих частот;

неравномерность амплитудно-частотной характеристики;

ослабление сигнала за пределами диапазона рабочих частот;

значение коэффициента усиления усилительного тракта (при необходимости);

динамический диапазон усилительного тракта;

пороговые уровни;

максимальная скорость обработки импульсов АЭ;

измеряемые (вычисляемые) параметры сигналов АЭ: амплитуда АЭ-импульса, длительность, число выбросов, число импульсов, время прихода АЭ-импульса.

Энергия сигналов АЭ определяется с использованием соответствующего выражения, указанного в технической документации на аппаратуру.

8. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ АППАРАТУРЫ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ПРИ ЕЕ ИСПЫТАНИЯХ

8.1. Измерение параметров и технических характеристик при выпуске аппаратуры АЭ изготовитель должен производить в обязательном порядке.

8.2. Результаты измерений должны быть зафиксированы в протоколе.

8.3. Основные параметры и технические характеристики аппаратуры должны быть представлены в техническом паспорте.

8.4. По требованию заказчика ему должны быть представлены также необходимые общие параметры и технические характеристики.

8.5. Владелец аппаратуры АЭ должен ежегодно производить контрольные испытания (проверки) аппаратуры с измерением основных параметров и технических характеристик.

© Оформление. НТЦ «Промышленная безопасность», 2009

8.6. Испытания выполняются экспертными организациями, имеющими лицензию Госгортехнадзора России на проведение экспертизы (с выдачей заключения) программ, методик контроля и испытаний оборудования потенциально опасных производств и объектов.

8.7. Последовательность проведения операций при испытаниях аппаратуры АЭ указана в табл. 1.

Таблица 1

№ п/п	Наименование операции
1	Внешний осмотр и проверка работоспособности блоков и узлов аппаратуры АЭ
2	Измерение диапазона рабочих частот, неравномерности амплитудно-частотной характеристики и ослабления сигнала АЭ за пределами диапазона рабочих частот
3	Определение собственных шумов усилительного тракта
4	Измерение коэффициентов усиления усилительного тракта
5	Измерение динамического диапазона усилительного тракта
6	Определение первичных измеряемых параметров акустической эмиссии

8.8. Изготовитель аппаратуры проводит измерение и определение всех параметров и технических характеристик аппаратуры в полном объеме, установленном в пп. 5.1, 5.2 и 7 настоящего документа. Владелец аппаратуры (пользователь) может выполнять эти операции только для основных параметров и технических характеристик (по п. 5.1).

8.9. Операции измерений при испытаниях АЭ-аппаратуры и порядок их выполнения могут уточняться в процессе измерений.

9. УСЛОВИЯ ИСПЫТАНИЙ

9.1. При проведении испытаний аппаратуры АЭ должны быть соблюдены следующие условия:

температура окружающего воздуха в помещении (20 ± 5) °С;

относительная влажность воздуха (65 ± 15) %;

атмосферное давление (100 ± 4) кПа (750 ± 30) мм рт. ст.;

напряжение питающей сети (220 ± 4,4) В;

частота питающей сети (50 ± 0,5) Гц.

9.2. Перед проведением лабораторных испытаний аппаратуры все приборы должны быть заземлены.

9.3. При работе с комплектом аппаратуры должны быть соблюдены правила техники безопасности согласно Правилам устройства электроустановок, утвержденным Министерством энергетики и электрификации РФ, Правилам технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭ), а также Правилам техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителем, утвержденным Госэнергонадзором России.

10. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ АППАРАТУРЫ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

10.1. При проведении испытаний аппаратуры АЭ рекомендуется использовать приборы и оборудование, указанные в табл. 2 (даны ориентировочные типы приборов и их основные параметры).

Таблица 2

№ п/п	Наименование средств измерения	Используемые параметры	Погрешность
1	2	3	4
1	Генератор сигналов специальной формы	Диапазон частот 1 кГц – 2 МГц	± 2 %

© Оформление. НТЦ «Промышленная безопасность», 2009

Окончание табл. 2

1	2	3	4
2	Осциллограф	Полоса частот 0–10 МГц. Диапазон напряжений 10 мВ–40 В	± 5 %
3	Вольтметр среднеквадратичного значения	Диапазон измеряемых напряжений 0,1 мВ–10 В. Диапазон частот 1 кГц–2 МГц	± 2,5 %
4	Генератор импульсов	Частота повторения 2 Гц–10 кГц. Длительность 10 мкс–200 мс	± 2 %
5	Регулируемый аттенюатор	60 дБ, дискретность 0,5 дБ	0,2 дБ
6	Генератор радиоимпульсов	Частота повторения 2 Гц–10 кГц. Частота заполнения 10 кГц–1 МГц	
7	Измеритель временных интервалов	Диапазон интервалов 10 мкс–100 мс	0,01 %
8	Частотомер	Диапазон частот 2 Гц–10 кГц	0,01 %
9	Генератор шума	Диапазон частот 1 кГц–10 МГц	
10	Анализатор спектра	Диапазон частот 1 кГц–10 МГц	
11	Вольтметр постоянного тока	Диапазон напряжений 1 мВ–10 В	0,1 %
12	Электронный имитатор АЭ		

11. ПОДГОТОВКА К ПРОВЕДЕНИЮ ИСПЫТАНИЙ

Перед проведением испытаний должны быть выполнены подготовительные работы, приводящие аппаратуру в рабочее состояние согласно техническому описанию и инструкции по эксплуатации, поставляемым изготовителем аппаратуры.

12. ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ АКУСТИКО-ЭМИССИОННОЙ АППАРАТУРЫ

12.1. Общие требования

12.1.1. Перед выполнением измерений параметров и технических характеристик аппаратуры следует осуществить внешний осмотр аппаратуры для установления механических повреждений в целях их устранения или оценки возможности их влияния на электрические параметры.

12.1.2. В обязательном порядке производится измерение основных параметров и технических характеристик аппаратуры, указанных в п. 7. При этом следует оценить динамический диапазон и погрешность показаний АЭ-прибора для используемых при контроле параметров АЭ-сигнала, включая следующие параметры:

амплитуду;

число выбросов АЭ;

число импульсов АЭ;

скорость счета;

активность;

длительность;

время нарастания (измеряется вместе с преобразователями АЭ, входящими в комплект, либо с использованием электронного имитатора АЭ);

энергию либо энергетические параметры;

© Оформление. НТЦ «Промышленная безопасность», 2009

диапазон и погрешность измерения времени прихода АЭ-импульсов (в целях определения координат источника АЭ).

12.1.3. Аппаратура АЭ должна иметь выходы, обеспечивающие измерение основных параметров.

12.1.4. По результатам выполненных испытаний составляются отчет и протокол.

12.2. Определение частотной характеристики и полосы частот

12.2.1. Схема измерения представлена на рис. 1. Она включает предусилитель, фильтры, основной усилитель, соединительные кабели.

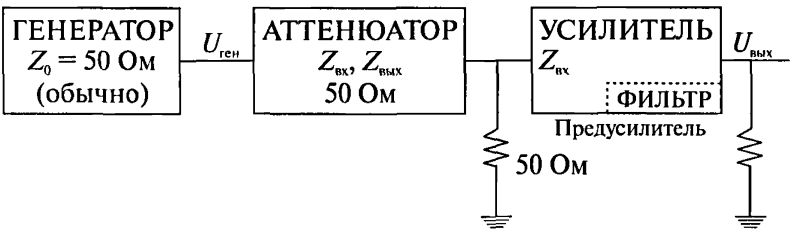

Рис. 1. Функциональная схема измерения параметров аппаратуры акустической эмиссии

12.2.2. Диапазоном рабочих частот электронной части прибора (системы) является область, лежащая между частотами среза, на которых значения амплитудно-частотной характеристики на 3 дБ меньше ее значения на среднегеометрической частоте. Среднегеометрической частотой (СГ) считается частота $f_{сг}$, равная среднегеометрическому значению от верхней и нижней частот полосы пропускания прибора, указанных в технической документации на аппаратуру. Она вычисляется следующим образом:

$$f_{сг} = \sqrt{(f_в, f_н)},$$

где $f_в$ — номинальная верхняя частота среза;
$f_н$ — номинальная нижняя частота среза.

12.2.3. Измерение амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) прибора производится следующим образом.

Устанавливают частоту настройки измерительного генератора на значение, равное значению СГ-частоты АЭ-прибора. Амплитуду напряжения генератора устанавливают на уровне, при котором нет перегрузки усилителя. Изменяют частоту генератора в сторону уменьшения до тех пор, пока амплитуда на выходе усилительного тракта АЭ-прибора не уменьшится на 3 дБ относительно значения на СГ-частоте. Полученная частота считается нижней частотой диапазона рабочих частот АЭ-прибора (системы). Аналогично измеряют верхнюю частоту диапазона рабочих частот прибора (системы) АЭ.

12.2.4. Выходной сигнал усилительного тракта измеряют вольтметром среднеквадратичного значения. Величину сигнала записывают автоматически или вручную. Шкалу напряжений рекомендуется представлять в децибелах. Частотная шкала может быть представлена либо в линейном, либо в логарифмическом виде.

12.2.5. Для определения диапазона рабочих частот можно использовать анализатор спектра и свип-генератор или источник белого шума. При использовании генератора белого шума его присоединяют к входу, а анализатор спектра присоединяют к выходу для записи частотной характеристики.

12.3. Измерение усиления

Общий коэффициент усиления следует измерять с использованием схемы, представленной на рис. 1. Измерительный генератор устанавливают на рабочую частоту. Для того чтобы избежать искажения из-за перегрузки, значение амплитуды генератора устанавливают в пределах динамического диапазона прибора. Показание вольтметра, подключенного к генератору, устанавливают на значение 1 В. На аттенюаторе устанавливают значение большее, чем ожидаемое общее усиление. Затем вольтметр подключа-

© Оформление. НТЦ «Промышленная безопасность», 2009

ют к выходу прибора. Аттенюатор регулируют так, чтобы на вольтметре установилось значение 1 В. Общее усиление равно разнице значений показаний аттенюатора.

12.4. Измерение динамического диапазона

12.4.1. Динамический диапазон прибора без порогового устройства или компараторного блока напряжения есть отношение среднеквадратичного значения сигнала в точке перегрузки к среднеквадратичному значению шумов. Для определения характеристик шума и для контроля точки перегрузки сигнала используется осциллограф.

12.4.2. Динамический диапазон в децибелах может быть определен по формуле

$$D_{\text{д}} = 20\lg\frac{U_{\text{ск}}}{U_{\text{ш}}},$$

где $U_{\text{ск}}$ — среднеквадратичное значение выходного напряжения;

$U_{\text{ш}}$ — среднеквадратичное значение выходного шума.

Для аппаратуры, которая имеет пороговое устройство, динамический диапазон есть отношение максимального значения неискаженного сигнала к уровню минимального значения порога. Для определения динамического диапазона используют выражение

$$D = 20\lg(u_{\max}/Th_{\min}),$$

где D — динамический диапазон прибора (системы);

$u_{\max}$ — значение сигнала, при котором проходят неискаженными сигналы с наибольшими амплитудами;

$Th_{\min}$ — значение порога, при котором производится регистрация менее чем 1 выброса/с при отсутствии на входе сигнала.

12.4.3. Напряжение собственных шумов усилительного тракта прибора (системы) следует измерять в режиме короткого замыкания входа прибора (системы). Для определения уровня шу-

мов измеряется среднеквадратичное напряжение на выходе прибора $U_{вых}$.

12.4.4. Перегрузка измеряется замещением преобразователя генератором синусоидального сигнала, как показано на рис. 1. Значение частоты выбирается как среднегеометрическая частота полосы пропускания прибора. Напряжение генератора устанавливается на значении размаха, равного 1 В, и контролируется по показанию осциллографа $U_{осц}$. Аттенюатором увеличивают амплитуду сигнала, подаваемого на предусилитель до тех пор, пока на выходе прибора ($U_{вых}$) не получат амплитуду напряжения на 2 дБ меньше значения, соответствующего значению входного сигнала.

Примечание. Динамический диапазон прибора АЭ, измеренный в полевых условиях, может существенно отличаться от динамического диапазона, полученного в лабораторных условиях из-за влияния внешних шумов и наводок (как внешних, так и наводок, возникающих при работе цифровых блоков прибора).

12.5. Измерение скорости обработки сигналов

12.5.1. Предельная скорость обработки сигналов АЭ в большой степени определяется приборным мертвым временем. Приборное мертвое время может состоять из переменной и фиксированной компонент в зависимости от конструкции прибора и принятой системы обработки данных. Мертвое время включает время обработки и время блокировки. Время обработки определяется конструкцией прибора и зависит от числа обрабатываемых параметров импульсов. Время блокировки, которым оператор может управлять, используется для установки временной задержки до приема нового импульса.

12.5.2. Измерение мертвого времени системы с учетом измерения всех параметров, указанных в паспорте, выполняют, используя электронный имитатор АЭ, следующим образом:

12.5.2.1. С выхода электронного имитатора подают радиоим-

© Оформление. НТЦ «Промышленная безопасность», 2009

пульс определенной длительности (например, 100 мкс) и частотой заполнения, равной среднегеометрической частоте прибора. Частоту повторения выбирают такой, чтобы регистрируемая частота импульсов была равна для всех параметров частоте повторения имитатора.

12.5.2.2. Увеличивают частоту повторения импульсов имитатора до тех пор, пока наблюдаемая частота повторения перестанет соответствовать частоте имитатора.

12.5.2.3. Записывают эту величину в качестве максимальной частоты повторения.

12.5.3. Мертвое время $T_м$ определяют по формуле

$$T_м = (1/F_и) - T_и,$$

где $F_и$ — частота повторения импульсов имитатора;
$T_и$ — длительность импульса имитатора.

12.6. Измерение порогового уровня

12.6.1. В приборах АЭ при регистрации импульса АЭ используется принцип превышения амплитудой сигнала АЭ порогового уровня. Этот уровень может быть фиксируемым и плавающим (автоматическим).

12.6.2. Измерение фиксированного порогового уровня производят следующим образом (рис. 1). На вход прибора АЭ подают импульсный сигнал от генератора (имитатора) через аттенюатор. Фиксируется амплитуда сигнала на выходе аттенюатора (входе прибора), при которой прибор начинает регистрировать сигналы. Амплитуду сигнала, действующего на входе прибора, с учетом коэффициента деления аттенюатора принимают в качестве порогового напряжения. Пороговое напряжение необходимо измерять по всей полосе частот прибора, поскольку блоки обработки сигналов, использующие пороговый принцип обнаружения, обладают чувствительностью к частоте.

12.7. Проверка характеристик измерения информативных параметров сигналов АЭ

12.7.1. Границы линейности зависимостей АЭ-параметров при их регистрации АЭ-системами измеряют с использованием электронного имитатора АЭ. Электронный имитатор АЭ (в качестве которого может быть использован набор стандартных приборов, обеспечивающих необходимые измерения) должен обеспечивать регулировку амплитуды, длительности, времени нарастания и относительного времени поступления импульса. Энергию (или энергетический параметр) импульса имитатора АЭ рассчитывают, используя выражение, приведенное в технической документации на аппаратуру.

Информационные параметры сигналов АЭ могут быть также измерены аппаратурой вместе с ПАЭ, входящими в комплект аппаратуры. При этом должны быть использованы акустические имитаторы сигналов АЭ.

12.7.2. Границы или динамический диапазон и линейность зависимости для каждого параметра, включая амплитуду, длительность и время нарастания, рекомендуется измерять следующим образом.

12.7.2 1. Подключают имитатор АЭ к входу проверяемого канала.

12.7.2.2. Настраивают АЭ-систему на запись и представление контролируемого параметра.

12.7.2.3. Первоначально устанавливают значения изменяемых параметров на середину диапазона (представленного в логарифмической шкале) соответствующего параметра по паспорту прибора.

12.7.2.4. Для измерения верхних границ каждого параметра увеличивают его значение на входе равными ступенями (например, на 6 дБ) и регистрируют наблюдаемую величину этого параметра. Изменение производят до тех пор, пока его значение не начнет отличаться от значения на входе на величину погрешности, указанной в п.6.16.

12.7.2.5. Для измерения нижних границ для каждого параметра производится регулировка, аналогично описанной в п. 12.7.2.4,

© Оформление. НТЦ «Промышленная безопасность», 2009

отличающаяся тем, что производится уменьшение значения параметра на входе.

12.7.3. Значение энергии (энергетического параметра) сигнала АЭ рассчитывают в соответствии с методом, используемым в АЭ-приборе (системе).

12.7.3.1. Рекомендуется использовать точное выражение для расчета энергии E, Дж:

$$E = Z^{-1}\int_0^{t_u} u^2 dt,$$

где Z — импеданс цепи, в которой рассчитывается энергия сигнала, u — мгновенное значение сигнала. Допускается использование энергетических параметров, рассчитываемых по упрощенному выражению:

12.7.3.2. $$E' = ku_m^2,$$

где u_m — амплитуда импульса;

$k = e^2/8B$,

здесь e — основание натуральных логарифмов;

B — затухание используемого при измерениях преобразователя АЭ (затухание импульсной характеристики ПАЭ). Размерность величины $E' - B^2c$.

12.7.3.3. $$\text{MARSE} = \int \hat{u} dt,$$

где $\hat{u}$ — огибающая сигнала. Параметр MARSE используется в аппаратуре фирмы PAC. Размерность этого параметра — Bc.

12.7.3.4. $$E'' = t_u \frac{2}{u^m},$$

где t_u — длительность импульса (при использовании для калибровки прямоугольного радиоимпульса). Размерность этого параметра — B^2c.

12.7.4. Определение координат источника АЭ.

Многоканальный электронный имитатор АЭ можно использовать для проверки точности локации систем.

12.7.4.1. АЭ-систему подготавливают к локации источника в соответствии с руководством по эксплуатации системы.

12.7.4.2. Многоканальный электронный имитатор АЭ соединяют с АЭ-системой так, чтобы обеспечить подачу имитирующих сигналов на соответствующие каналы.

12.7.4.3. Выбирают скорость звука для имитации объекта и рассчитывают время распространения от места положения имитируемого АЭ-источника до каждого преобразователя антенной решетки. Разницу во временах распространения устанавливают на имитаторе, моделируя относительные времена поступления сигналов (ΔT) для имитации положения АЭ-преобразователей.

12.7.4.4. Регистрируют представленные на дисплее координаты источников имитаторов АЭ, соответствующие исходным имитирующим сигналам. Рассчитывают и вводят новые значения ΔT для соседней точки. Записывают разность между введенным положением имитирующего источника и положением, представленным на дисплее. Продолжают подобное ступенчатое перемещение этих имитирующих источников АЭ, удаляясь от центра антенной решетки по линии (лучу) до тех пор, пока положение источника на дисплее не будет отличаться от задаваемой позиции источника на 10 % или на величину, задаваемую изготовителем системы. Оценивается ошибка линейности локации источника по отношению к заданной технической документацией изготовителя на систему.

12.7.4.5. Процедура испытания показателей локации источников должна быть повторена для двух или большего числа (в зависимости от симметрии решетки) лучей, направленных в разные стороны от центра решетки вдоль осей симметрии.

12.7.4.6. Рекомендуется повторить процедуру локации источников для каждой многоканальной решетки системы.

© Оформление. НТЦ «Промышленная безопасность», 2009

13. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

13.1. По результатам проведения метрологической аттестации комплекта аппаратуры оформляются отчетные документы, которые могут включать протокол, заключение, сертификат.

13.2. На каждый аттестованный комплект аппаратуры оформляется сертификат и делается запись в паспорте.

13.3. На каждый комплект аппаратуры, признанный непригодным к применению, выдается извещение.

Приложение А
Справочное

Использованные документы

1. ГОСТ 27655–88. Акустическая эмиссия. Термины, определения и обозначения.

2. Правила организации и проведения акустико-эмиссионного контроля сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов (РД 03-131–97). М.: Госгортехнадзор России, 1997.

3. ASTM E 750–88. Standard Practice for Characterizing Acoustic Emission Instrumentation.

4. ГОСТ 8.009–84 ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений.

5. ГОСТ 23222–78[1]. Нормируемые метрологические и точностные характеристики.

6. ГОСТ 8.326–89[2]. Метрологическая аттестация средств измерений.

7. ГОСТ 8.395–80 ГСИ. Нормальные условия измерений при поверке. Общие требования.

8. ГОСТ 8.508–84 ГСИ. Метрологические характеристики средств измерений и точностные характеристики средств автоматизации ГСП. Общие методы оценки и контроля.

9. ГОСТ 23667–85. Контроль неразрушающий. Дефектоскопы ультразвуковые. Методы измерения основных параметров.

10. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правила техники безопасности при эксплуатации установок потребителей. М., 1986.

11. ГОСТ 25861–83. Машины вычислительные и системы обработки данных. Требования по электрической и механической безопасности и методы испытаний.

[1] В настоящее время действует ГОСТ 23222–88 «Характеристики точности выполнения предписанной функции средств автоматизации. Требования к нормированию. Общие методы контроля. (*Примеч. изд.*)

[2] В настоящее время действует ПР 50.2.009–94. (*Примеч. изд.*)

© Оформление. НТЦ «Промышленная безопасность», 2009

Приложение Б
Справочное

Термины и определения

Общепринятые в области АЭ термины и определения использованы в соответствии с ГОСТ 27655–88 «Акустическая эмиссия. Термины, определения и обозначения».

Термины, используемые в документе

Амплитуда импульса (сигнала) АЭ — максимальное значение электрического импульса (сигнала) АЭ — U_m. Измеряется в (В).

Начало импульса (сигнала) АЭ — отмеченное начало импульса (сигнала) АЭ, определяемое как первое пересечение порога этим импульсом (сигналом).

Конец импульса (сигнала) АЭ — отмеченное окончание АЭ, определяемое как последнее пересечение порога этим импульсом (сигналом).

Длительность импульса (сигнала) АЭ — время между началом и концом импульса (сигнала) АЭ. Начало и конец сигнала, как правило, отсчитывается на уровне $0{,}1\,U_m$, где U_m — амплитуда импульса (сигнала).

Время нарастания импульса (сигнала) АЭ — время между началом импульса (сигнала) АЭ и максимальным значением импульса (сигнала).

Мертвое время — интервал, в течение которого прибор или система не способны принимать новые данные по какой-либо причине.

Динамический диапазон — разница (в дБ) между максимальным значением сигнала, соответствующим уровню перегрузки, и уровнем шумов.

Плавающий порог — порог с уровнем, устанавливаемым усреднением по времени входного сигнала.

Импульс — сигнал АЭ, значение которого отлично от нуля в интервале времени, в течение которого его значение превыша-

ет заданный относительный уровень от максимального (по ГОСТ 27655–88).

Время восстановления после перегрузки — интервал работы прибора в нелинейном режиме, связанный с превышением амплитудой сигнала линейного рабочего диапазона прибора.

Емкость обработки — число импульсов, которое может быть обработано системой до того, как система вынуждена прервать накопление данных для очищения буферов или подготовки для приема дополнительных данных.

Максимальная скорость обработки — число импульсов в секунду (имп/с), которое может непрерывно обрабатываться АЭ-системой без прекращения передачи данных.

Уровень перегрузки — значение сигнала, выше которого происходит искажение сигнала.

Порог (напряжение порога) — величина напряжения на электронном компараторе, при которой сигналы с амплитудами, большими, чем эта величина, могут быть зарегистрированы. Пользователь может регулировать порог напряжения, фиксировать или выбирать его плавающим.

© Оформление. НТЦ «Промышленная безопасность», 2009

Приложение В
Справочное

Содержание паспорта системы (прибора) акустической эмиссии

Технический паспорт на аппаратуру АЭ (прибор, систему) должен включать следующие сведения:

наименование изготовителя;
наименование и обозначение модели;
серийный номер;
дату изготовления;
дату приемки (аттестации);
фамилию и подпись приемщика;
гарантийные обязательства;
размеры;
массу аппаратуры;
климатические и технические условия работы аппаратуры (влажность, температуру, условия эксплуатации и др.);
напряжение электрического питания;
потребляемую мощность;
габаритные размеры аппаратуры и отдельных блоков;
число блоков аппаратуры;
число каналов аппаратуры;
уровень собственных шумов усилительного тракта;
амплитудный динамический диапазон;
диапазон рабочих частот;
амплитудно-частотную характеристику (АЧХ);
максимальную скорость обработки сигналов АЭ;
перечень измеряемых параметров сигнала АЭ;
перечень устанавливаемых параметров аппаратуры АЭ;
дополнительные сведения (по требованию потребителя).

По вопросам приобретения
нормативно-технической документации
обращаться по тел./факсам:
(495) 984-23-56, 984-23-57, 984-23-58, 984-23-59
E-mail: ornd@safety.ru

Подписано в печать 18.03.2009. Формат 60×84 1/16.
Гарнитура Times. Бумага офсетная.
Печать офсетная. Объем 2,0 печ. л.
Заказ № 47.
Тираж 60 экз.

Научно-технический центр
по безопасности в промышленности
105082, г. Москва, Переведеновский пер., д. 13, стр. 21

Отпечатано в ООО «Полимедиа»
105082, г. Москва, Переведеновский пер., д. 18, стр. 1

ИПО-200-08