



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2015145760/28, 23.10.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
23.10.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 23.10.2015

(45) Опубликовано: 27.10.2016 Бюл. № 30

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: SU 819702A1, 07.04.1981. SU 1679428A1,
23.09.1991. RU 2150698C1, 10.06.2000. RU
2217741C2, 27.11.2003. JP 2009272976A,
19.11.2009. JP 2004056352A, 19.02.2004.

Адрес для переписки:

445041, Самарская обл., г. Тольятти, ул.
Куйбышева, 36-52, ООО "ЛАЭС", Хрусталеву
А.К.

(72) Автор(ы):

Данюк Алексей Валериевич (RU),
Растегаев Игорь Анатольевич (RU),
Виноградов Алексей Юрьевич (RU),
Мерсон Дмитрий Львович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Общество с ограниченной ответственностью
"ЛАЭС" (RU)

(54) ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ПОВЫШЕННОЙ НАДЕЖНОСТИ

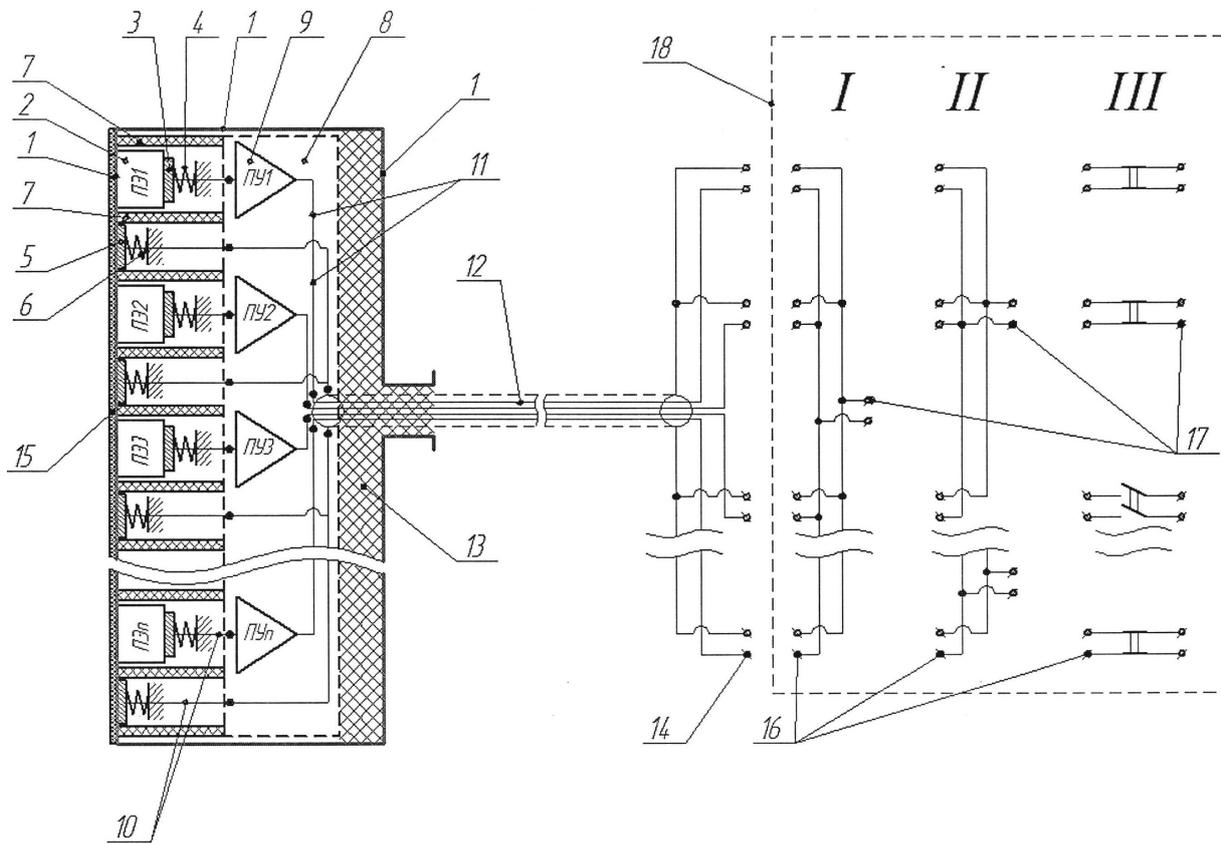
(57) Реферат:

Использование: для контроля и мониторинга объектов посредством акустической эмиссии. Сущность изобретения заключается в том, что пьезоэлектрический преобразователь для приема сигналов акустической эмиссии имеет минимум три одинаковые по исполнению параллельные дублирующие друг друга линии регистрации акустической эмиссии (АЭ), состоящие из пьезоэлементов, прижимных прямых и обратных

контактов, предварительных усилителей и соединительных проводников, которые располагаются в общем герметичном корпусе и разделяются защитными барьерами (перегородками и/или диэлектрическими средами). Технический результат: обеспечение возможности повышения надежности пьезоэлектрического преобразователя. 2 з.п. ф-лы, 3 ил.

RU 2 601 270 C1

RU 2 601 270 C1



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2015145760/28, 23.10.2015

(24) Effective date for property rights:
23.10.2015

Priority:

(22) Date of filing: 23.10.2015

(45) Date of publication: 27.10.2016 Bull. № 30

Mail address:

445041, Samarskaja obl., g. Toljatti, ul. Kujbysheva,
36-52, OOO "LAES", Khrustalevu A.K.

(72) Inventor(s):

**Danyuk Aleksej Valerievich (RU),
Rastegaev Igor Anatolevich (RU),
Vinogradov Aleksej YUrevich (RU),
Merson Dmitrij Lvovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennostyu
"LAES" (RU)**

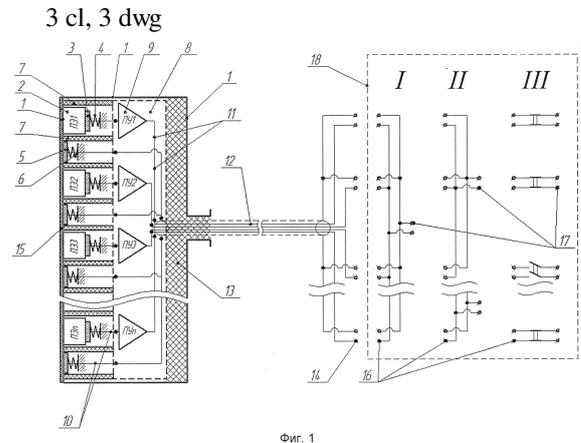
(54) **HIGHLY RELIABLE ACOUSTIC EMISSION CONVERTER**

(57) Abstract:

FIELD: test and measurement equipment.

SUBSTANCE: invention can be used for control and monitoring of objects by means of acoustic emission. Substance of invention consists in the following: that piezoelectric converter for receiving acoustic emission signals has at least three identical parallel overlapping lines of acoustic emission (AE) detecting, consisting of piezoelectric elements, pressure direct and reverse contacts, preamplifiers and connecting leads, which are located in common sealed housing and separated by protective barriers (partitions and/or dielectric media).

EFFECT: technical result is improved reliability of piezoelectric converter.



RU 2 601 270 C1

RU 2 601 270 C1

Преобразователь акустической эмиссии повышенной надежности

Изобретение относится к акустическим методам неразрушающего контроля и технической диагностики промышленного оборудования, основанных на регистрации акустических волн с помощью контактных пьезоэлектрических преобразователей, а именно к преобразователям акустической эмиссии (ПАЭ) для контроля и мониторинга опасных производственных объектов (ОПО) и их элементов, работающих в экстремальных эксплуатационных условиях (циклирования температуры, наличия агрессивных сред, вибрационных нагрузок, высокой влажности, запыленности и т.д.). Изобретение может быть применимо и на других ОПО и для других методов, основанных на приеме акустических волн.

ПАЭ в составе систем мониторинга технического состояния ОПО работают круглосуточно, находясь непосредственно на объекте контроля. В таком режиме работы ПАЭ подвержены всему спектру негативного воздействия условий эксплуатации ОПО: перепады температур, вибрация, влага, пыль и воздействие агрессивных сред. На практике всегда присутствует сочетание вышеприведенного спектра негативных воздействий, поэтому ПАЭ систем мониторинга часто работают на границе допустимых параметров эксплуатации, из-за чего их ресурс существенно сокращается и может оказаться менее межремонтного периода эксплуатации ОПО. В случае конструктивной возможности и доступности ПАЭ для замены данный вопрос не является актуальным, но в случае недоступности ПАЭ для обслуживания и замены (первый контур атомных станций, внутренние устройства криогенных блоков и т.д.) необходимо обеспечить ресурс его работы, сопоставимый со сроком службы ОПО, т.е. повышенную надежность, что на современном этапе развития конструкций ПАЭ является проблемным вопросом, на решение которого и направлено изобретение. Авторам изобретения не известны технические решения, авторы которых при разработке конструкции ПАЭ ставили во главу вопрос обеспечения их максимальной надежности. Анализ известных технических решений показал, что в основном при разработке ПАЭ преследуют цели: повышение чувствительности общей или к определенному типу волн, выравнивание амплитудно-частотной характеристики, повышение помехоустойчивости или шумопонижение и возможность определения координат источника акустической эмиссии (АЭ) одним ПАЭ. Поэтому рассмотрим известные технические решения с позиции их надежности, а именно устойчивости конструкции к основным причинам потери работоспособности пьезоэлектрических преобразователей, указанных в работе [1].

Классической схемой ПАЭ является исполнение с одним пьезоэлектрическим элементом (ПЭ) [например, 2÷6 и др.], который внешней стороной припаивается или приклеивается (ближней к контактной поверхности) к корпусу/волноводу или она может остаться свободной при условии нанесения защитно-изоляционного слоя, а внутренняя сторона (ближняя к центру датчика) остается свободной или демпфируется заполнителями различного состава или инерционными массами. Заряды с ПЭ снимаются с помощью токосъемных проводников, которые припаиваются либо к электрически связанным частям корпуса преобразователя, либо непосредственно к электропроводящим поверхностям ПЭ, либо к электропроводящим инерционным массам, прижатым к ПЭ.

Основными причинами выхода из строя общих для всех пьезоэлектрических преобразователей классической схемы являются: излом или растрескивание клеевого соединения крепления ПЭ к контактной поверхности или волноводу, излом или растрескивание демпфирующего заполнителя с повреждением токосъемного проводника, излом и отслоение от ПЭ инерционной массы с потерей электрического контакта, излом

контакта ПЭ в местах пайки, повреждение и выход из строя кристалла ПЭ. Кроме этого ПАЭ классической схемы имеют внешний предварительный усилитель (ПУ), который подключается с помощью быстросъемных разъемов (коннекторов). Это требует установки ПУ вблизи ПАЭ, что иногда затруднительно и создает сложности при герметизации кабельных вводов.

Последнюю проблему позволяют решить ПАЭ с встроенным (интегрированным) ПУ, которые имеют идентичную конструкцию классической схемы и отличаются тем, что в корпус ПАЭ встраивается плата ПУ [например, 7 и др]. На вход платы ПУ подключаются токосъемные проводники ПЭ, а выходные контакты ПУ соединяются с выводным кабелем или разъемом, предназначенных для подключения к акустико-эмиссионной системе. Плата ПУ в корпусе ПАЭ либо поджимается, либо заливается компаундом, который также герметизирует конструкцию и обеспечивает электробезопасность и защиту от воздействия негативных внешних факторов.

С позиции повышения надежности, интегрированный ПУ ПАЭ позволяет уменьшить длину кабельной линии, соединяющей ПЭ с ПУ, и надежно герметизировать кабельный ввод, однако остальные недостатки ПАЭ данной конструкции те же, что и у ПАЭ классической схемы. Кроме этого, в данной схеме выход из строя ПУ приводит к потере работоспособности ПАЭ, даже в случае годности всех остальных элементов ПАЭ.

Известен ПАЭ, в котором используется ПЭ в виде параллелепипеда, с которого электрический отклик на сигнал АЭ снимается с каждой из противоположных граней [8]. При этом разность потенциалов с каждой пары граней ПЭ снимается по отдельной кабельной линии имеющих ПУ. Результирующий сигнал АЭ получается суммированием напряжений по всем токосъемным линиям ПЭ после ПУ.

Данная конструкция имеет хорошую чувствительности ПАЭ к разным типам акустических волн, распространяющихся в различных направлениях, а также позволяет снизить уровень шума при сложении сигналов по линиям. С позиции надежности данная конструкция остается работоспособной после выхода из строя одного или двух ПУ и обрыва одной или двух кабельных линий, соединяющих ПЭ с ПУ, но конструкция не надежна с позиции выхода из строя единственного кристалла ПЭ. А это одна из основных причин потери работоспособности ПАЭ, кроме этого при отказе кристалла ПЭ бесполезны становятся и все дублирующие линии.

Известны ПАЭ, в которых используется пакет ПЭ различной геометрической формы с целью обеспечения возможности определения координат источника АЭ одним ПАЭ [например, 9÷11 и др.] или для обеспечения ПАЭ широкополосной амплитудно-частотной характеристики / повышения чувствительности ПАЭ к определенному типу акустических волн [например, 12, 13 и др.]. Конструкция ПАЭ, при этом аналогично описанным выше вариантам, только вместо одного ПЭ устанавливается пакет ПЭ различной геометрической формы.

С позиции надежности при выходе из строя одного из ПЭ у ПАЭ данной конструкции сохраняется работоспособность, но резко меняется чувствительность и амплитудно-частотная характеристика ПАЭ, что сопровождается возникновением ошибок детектирования различного рода и приводит к снижению качества АЭ контроля.

Известны ПАЭ, в которых используются два и более ПЭ одинаковой геометрической формы с целью повышения отношения сигнал/шум [например, 14÷17 и др.].

Отличительной конструктивной особенностью ПАЭ в этом случае является использование дополнительного/ых ПЭ в качестве пьезотрансформатора или усилителя, через которые основной ПЭ включается в электрическую линию, что позволяет компенсировать/вычесть шумовую составляющую в сигнале и выделить/усилить

полезный сигнал.

Данное техническое решение является эффективным с позиции повышения отношения сигнал/шум, но не влияет на надежность конструкции ПАЭ, т.к. ПАЭ имеют все те же конструктивные недостатки, что и конструкции, описанные выше, кроме этого, в данном случае (в отличие от предыдущего) выход из строя одного из ПЭ приводит к полной потере работоспособности всего ПАЭ.

Известна конструкция ПАЭ, в которой используется пакет ПЭ одинаковой геометрической формы для обеспечения ПАЭ широкополосной амплитудно-частотной характеристики / повышения чувствительности ПАЭ к определенному типу акустических волн [18]. ПЭ цилиндрической формы устанавливаются от центра корпуса ПАЭ на некоторой делительной окружности и поджимаются к контактной поверхности винтами, закрепленными на общем держателе. Все ПЭ соединены двумя общими токосъемными пластинами, таким образом ПАЭ имеет электрическую точку суммирования сигнала АЭ сразу на выходе из ПАЭ.

Данная конструкция ПАЭ остается работоспособной при выходе из строя одного или нескольких ПЭ без резкой потери чувствительности и сохранением частоты АЭ контроля. Практически отсутствует вероятность потери электрической связи между ПЭ. Кроме этого в конструкции ПАЭ не используются клеевые составы и пайка, что исключает потерю акустического и электрического контакта по причине излома клеевых и паяльных составов. Однако использование общей точки суммирования на выводе из ПЭ не позволяет проводить локализацию источников АЭ одним ПАЭ и требует применения внешнего ПУ, а значит конструкция имеет уязвимость при герметизации кабельных вводов. Кроме этого резьбовые прижимы ПЭ в процессе эксплуатации склонны к ослаблению, особенно в условиях термоциклирования и вибрации, а значит данная конструкция закрепления ПЭ не является надежной, т.к. не гарантирует постоянство электрического и акустического контакта ПЭ.

Известен ПАЭ, в котором используется два ПЭ одинаковой геометрической формы с целью шумопонижения путем сложения акустического шума, регистрируемого параллельно по двум каналам [19]. В данной конструкции используются две независимые линии регистрации АЭ, состоящие из ПЭ, ПУ и соединительного кабеля, которые располагаются на общем акустическом волноводе. Результирующий сигнал АЭ получается на сумматоре, устанавливаемом после ПУ.

Данная конструкция остается работоспособной после выхода из строя любого одного элемента на одной линии регистрации. Однако из-за использования общего волновода и двух ПЭ конструкция данного вида не может быть самостоятельной при решении задачи локализации источника АЭ на плоскости, а значит при отказе нескольких ПАЭ в антенной группе или одного ПАЭ, соединяющего антенные группы, образуется неконтролируемая зона на объекте контроля.

Задачей, на решение которой направлено изобретение, является повышение уровня надежности конструкции ПАЭ и, как следствие, увеличение срока службы ПАЭ.

Технический результат изобретения достигается: многократным дублированием линий регистрации АЭ, применением прижимной конструкции для обеспечения электрического и акустического контакта ПЭ, применением прижимного обратного контакта, применением упругих элементов, не меняющих упругие свойства с течением времени (например, цилиндрической пружины), заменой паянных соединений соединительных линий ПЭ-ПУ на механические обжимные с пропайкой, сокращением длины соединительных линий ПЭ-ПУ, размещением ПУ всех дублирующих линий в одном корпусе ПАЭ, заменой проводов разводки питания и других соединительных

проводов между ПУ на электропроводящие дорожки платы, сокращением общего
потребного количества проводников за счет размещения всех или нескольких ПУ на
одной или нескольких платах, а также планированием свободного объема под заливку
герметизирующим компаундом таким образом, чтобы на данный объем приходился
5 только герметичный выводной кабель с повышенной защитой от внешнего воздействия.

Фиг. 1 - структурная схема предлагаемого преобразователя акустической эмиссии
повышенной надежности (ПАЭПН). Фиг. 2, поясняющая принцип работы и применения
ПАЭПН. Фиг. 3, поясняющая принцип локации источника АЭ одним ПАЭПН.

ПАЭПН (фиг. 1) содержит корпус (1) из материала, стойкого к агрессивным средам,
10 например, из нержавеющей стали. В корпусе (1) по количеству n - дублирующих линий
(где n любое целое число более двух для линейных объектов контроля и более трех для
плоскостных и объемных объектов контроля) размещаются ПЭ (2), прямые (3) и
обратные (5) контакты ПЭ, подпружиненные упругими элементами (4) и (6)
соответственно и ПУ (9). Внутреннее пространство ПАЭПН условно разделено на
15 преобразующую и усиливающую часть. Преобразующая часть, состоящая из элементов
(2)-(6) по каждой дублирующей линии разделена неэлектропроводящими и акустически
непрозрачными перегородками (7). Усиливающая часть, состоящая из электронных
компонентов ПУ (9), которые связаны электропроводящими дорожками (11) размещена
на одной или нескольких общих для ПУ плат (8). Связь между преобразующей и
20 усиливающей частью ПАЭПН осуществляется с помощью максимально коротких
гибких проводников (10) в электрозащитной оболочке. Подача питания для работы
ПУ и выходного сигнала с ПУ осуществляется по кабелю (12) защищенного исполнения.
Гибкие проводники (10) с одной стороны припаиваются к плате ПУ, а с другой стороны
обжимаются в прямом (3) или обратном (5) контакте, а затем пропаиваются. Выводной
25 кабель (12) припаивается к выводам платы ПУ (8), выводится через кабельный вывод
корпуса (1) и герметизируется в нем. С другой стороны на выводной кабель (12)
припаивается контактный разъем (14) для подключения к входу блока развязки сигнал/
питание АЭ системы (18) посредством контактных разъемов (16). После сборки
проводники (10) не должны иметь натяжение и оставаться подвижными, а выходной
30 кабель (12) монтируется так, чтобы в свободном объеме от платы ПУ (8) до верхней
крышки корпуса ПАЭПН (1), который герметизируется компаундом (13), находился
только кабель с неразделанной (целой) внешней защитной оболочкой. Для повышения
помехозащищенности дублирующие линии экранируются либо корпусом (1), либо
дополнительным экраном, вставляемым в корпус.

35 При необходимости корпус (1) для электрической развязки с объектом контроля с
контактной стороны может иметь неэлектропроводящий, но акустически прозрачный
слой (15). Слой (15) может выступать в качестве дополнительного к доньшку корпуса
(1) к которому с противоположной стороны прижимаются ПЭ (2), или несущего, когда
корпус (1) выполняется без доньшка и ПЭ прижимаются непосредственно на слой (15),
40 но в этом случае слой (15) с внутренней стороны корпуса должен обладать
электропроводящими свойствами, что может быть достигнуто, например, нанесением
металлизированного покрытия.

ПЭ (2) поджимаются к контактной части корпуса ПАЭПН (1) через тонкий слой не
коррозионной акустически прозрачной жидкой или консистентной среды, не изменяющей
45 своих качеств в рабочем температурном диапазоне ПАЭПН. Также возможен вариант,
когда свободный объем преобразующей части корпуса ПАЭПН (1), ограниченный
контактной поверхностью ПЭ (2) снизу, платой ПУ (8) сверху и разделенный
перегородками (7) по дублирующим линиям, полностью заполняется жидкой или

консистентной не коррозионной акустически прозрачной диэлектрической средой. Это позволяет с большей гарантией обеспечивать надежный акустический контакт между ПЭ (2) и контактной поверхностью корпуса ПАЭПН (1) и повысить уровень искро-взрыво-защиты устройства.

5 Расстояние между ПЭ не должно быть более половины длины волны максимальной рабочей частоты. Материал, форма и размер ПЭ (2) и прямых контактов (3) подбираются с позиции придания ПАЭ требуемой (обычно нормируемой) чувствительности в заданном частотном диапазоне. Данный вопрос важный, но не является принципиальным для данного изобретения. Важным моментом для реализации
10 изобретения является одинаковость исполнения и монтажа элементов позиции (2), (3), (4), (5), (6) и (9) на всех дублирующих линиях и выбор материалов с позиции максимальной длительности периода деградации исходных свойств.

Порядок расположения ПЭ (2) в корпусе ПАЭПН (1) может быть любым, например, равномерно по окружности, по квадратной сетке, по треугольной сетке и т.д. Данное
15 замечание не является принципиальным вопросом и компенсируется при расчете координат источников АЭ.

Режим работы ПАЭ задается способом подключения дублирующих линий в блоке развязки сигнал/питание АЭ системы (18), а итоговый сигнал для анализа в АЭ систему подается с выходного разъема блока развязки сигнал/питание (17).

20 Рассмотрим принцип работы устройства на примере применения ПАЭПН, имеющего три дублирующие линии при мониторинге цилиндрической обечайки опасного производственного объекта.

На объекте контроля из нескольких ПАЭПН формируются локационные антенны в соответствии с требованиями [20] (фиг. 2а). При этом каждая локационная антенна
25 минимально должна состоять из трех ПАЭПН на плоскостном объекте контроля и двух ПАЭПН на линейном объекте контроля. Расстояние между ПАЭПН в локационной антенне выбирается таким образом, чтобы каждый ПАЭПН был в зоне устойчивой слышимости соседнего ПАЭПН (зоны, ограниченные штрихпунктирными линиями на всех рисунках фиг. 2), определяемых по [20].

30 Акустическая волна, распространяющаяся от источника АЭ (дефекта) по объекту контроля, достигая контактной поверхности ПАЭПН (фиг. 3 и 1) попадает на ПЭ (2), проходя через контактную среду, корпус (1) или покрытие (15) и корпус (1) или покрытие (15) с электропроводящим слоем. В ПЭ (2) формируется электрический заряд, пропорциональный механической деформации от воздействия акустической волны.
35 Электрический сигнал АЭ в виде разности электрических потенциалов с ПЭ (2) снимается прямыми (3) и обратными (5) контактами с проводниками (10), усиливается ПУ и подается по кабелю (12) на блок развязки сигнал/питание АЭ системы (18), соединенных посредством разъемов (14) и (16). В блоке развязки (18) из сигнала, поступающего с ПАЭПН, вычитается напряжение питания ПУ и формируется выходной сигнал для
40 анализа в АЭ систему. Процесс формирования электрического сигнала АЭ и его передача по всем дублирующим линиям происходит одинаково и параллельно, но с некоторой временной задержкой (ΔT), равной разности времен прихода (РВП) акустической волной на каждый ПЭ (2) (для нашего примера, это $\Delta T_{12}=T_2-T_1$ и $\Delta T_{13}=T_3-T_1$ на фиг. 3), что позволяет реализовать локацию источников АЭ одним ПАЭПН.

45 Вид выходных данных с ПАЭПН зависит от способа подключения дублирующих линий в блоке развязки сигнал/питание АЭ (18). Возможны следующие три основных режима работы ПАЭПН.

I - Суммирование сигнала в общей точке по всем дублирующим линиям ПАЭПН.

При данном подключении на выходном разъеме (17) блока разделения сигнал/питание АЭ системы (18) формируется сигнал АЭ в виде суммы сигналов, снятых со всех ПЭ (2). Основным преимуществом способа подключения I является повышение живучести ПАЭПН, за счет низкой вероятности одновременного выхода из строя всех дублирующих линий. Дополнительными преимуществами данного подключения является: дополнительное усиление сигнала в рабочем диапазоне частот, снижение шума, выравнивание амплитудно-частотной характеристики ПАЭПН. Недостатком данного способа подключения является то, что при выходе из строя дублирующих линий незначительно снижается амплитуда выходного сигнала ПАЭПН, а также при данном подключении невозможно определить координаты источника АЭ одним ПАЭПН. Последнее значит, что при выходе из строя одного или нескольких ПАЭПН на локационной карте объекта контроля образуется зона, где невозможно установить местоположение источника АЭ (заштрихованная зона на фиг. 2б).

II - Суммирование сигнала в общей точке по нескольким дублирующим линиям. При данном виде подключения при всех преимуществах способа подключения I, возможно исключить его недостаток, т.е. провести локацию источника АЭ одним ПАЭПН. Недостатком способа подключения II является необходимость применения избыточного количества каналов регистрации в АЭ системе, т.к. для измерения РВП требуется не менее 3-х (для двумерной локации) и 2-х (для линейной локации) каналов, каждый из которых дублируется минимум 2-мя линиями, что сказывается и на габаритах и массе ПАЭПН.

III - Раздельный вывод сигнала по каждой дублирующей линии. При данном виде подключения программно возможно обеспечить преимущества способов I и II (путем суммирования сигналов при обработке АЭ информации), кроме этого данный вид подключения позволяет попеременно включать/выключать в работу/из работы дублирующие линии, а значит не эксплуатировать часть дублирующих линий, что обеспечивает их сохранность и дополнительно повышает надежность. Кроме этого способ подключения III позволяет обеспечить возможность определения координат источников АЭ одним ПАЭПН с минимальным количеством дублирующих линий (начиная с двух при линейной локации и с трех при плоскостной), а значит при минимальных габаритах и весе ПАЭПН. Недостатком способа подключения III является потребность в большем количестве входных каналов регистрации АЭ системы, но данный недостаток может быть скомпенсирован применением мультиплексора или неполным использованием дублирующих линий ПАЭПН. Кроме этого увеличивается объем данных и количество математических операций, а значит требуется применение в АЭ системе более производительных ЭВМ с большими объемами памяти для хранения данных.

Кроме указанных основных режимов работы ПАЭПН, повышающих надежность его применения, возможно реализовать и дополнительные варианты повышения надежности, которые представляют собой различные сочетания применения основных способов. Например, ПАЭПН эксплуатируется в режиме работы, обеспечиваемом способом подключения I до выхода из строя двух ПАЭПН в локационной антенне (А и Б на фиг. 2б). Как только при периодических тестовых проверках обнаруживается потеря работоспособности ПАЭПН, то переключается необходимое количество ПАЭПН (В, Г, Д, Е, Ж, З на фиг. 2в) в режим II или III для исключения образования зон, где невозможно установить местоположение источника АЭ (заштрихованная зона на фиг. 2б). Все остальные ПАЭПН при этом могут оставаться в режиме работы I.

Возможны и другие дополнительные варианты, однако в их перечислении нет смысла,

т.к. все они реализуются на базе основных вариантов подключения.

Источники информации

1. М.В. Богущ Проектирование пьезоэлектрических датчиков на основе пространственных электроупругих моделей / М.: Техносфера, 2014. - 312 с.

5 2. В.А. Грешников, Ю.В. Дробот Акустическая эмиссия. Применение для испытания материалов и изделий / М.: Изд-во стандартов, 1976-272 с.

3. SU 1784095 от 23.12.92 г., G01N 29/04.

4. RU 2104618 от 10.02.98 г., G01N 29/04.

5. RU 2110792 от 10.05.98 г., G01N 29/04.

10 6. US 6360608 от 26.03.02 г., G01N 29/14.

7. US 4751418 от 14.07.88 г., H01L 41/08.

8. US 4088907 от 09.05.78 г., H01L 41/04.

9. SU 627602 от 17.05.77, H04R 17/00.

10. SU 901897 от 30.01.82, G01N 29/04.

15 11. SU 1509723 от 23.09.89 г., G01N 29/04.

12. US 5191796 от 09.03.93 г., G01N 29/04, G01N 29/22.

13. US 20070012111 от 28.01.07 г., G01N 29/04.

14. US 3593048 от 13.06.1971, H01V 7/00.

15. US 4751418 от 14.07.88 г., H01L 41/08.

20 16. US 5029474 от 09.06.91 г., G01N 29/14.

17. RU 2504766 от 20.01.2014 г., G01N 29/14.

18. US 4011472 от 08.03.77 г., H01L 41/04.

19. SU 819702 от 07.04.81 г., G01N 29/04.

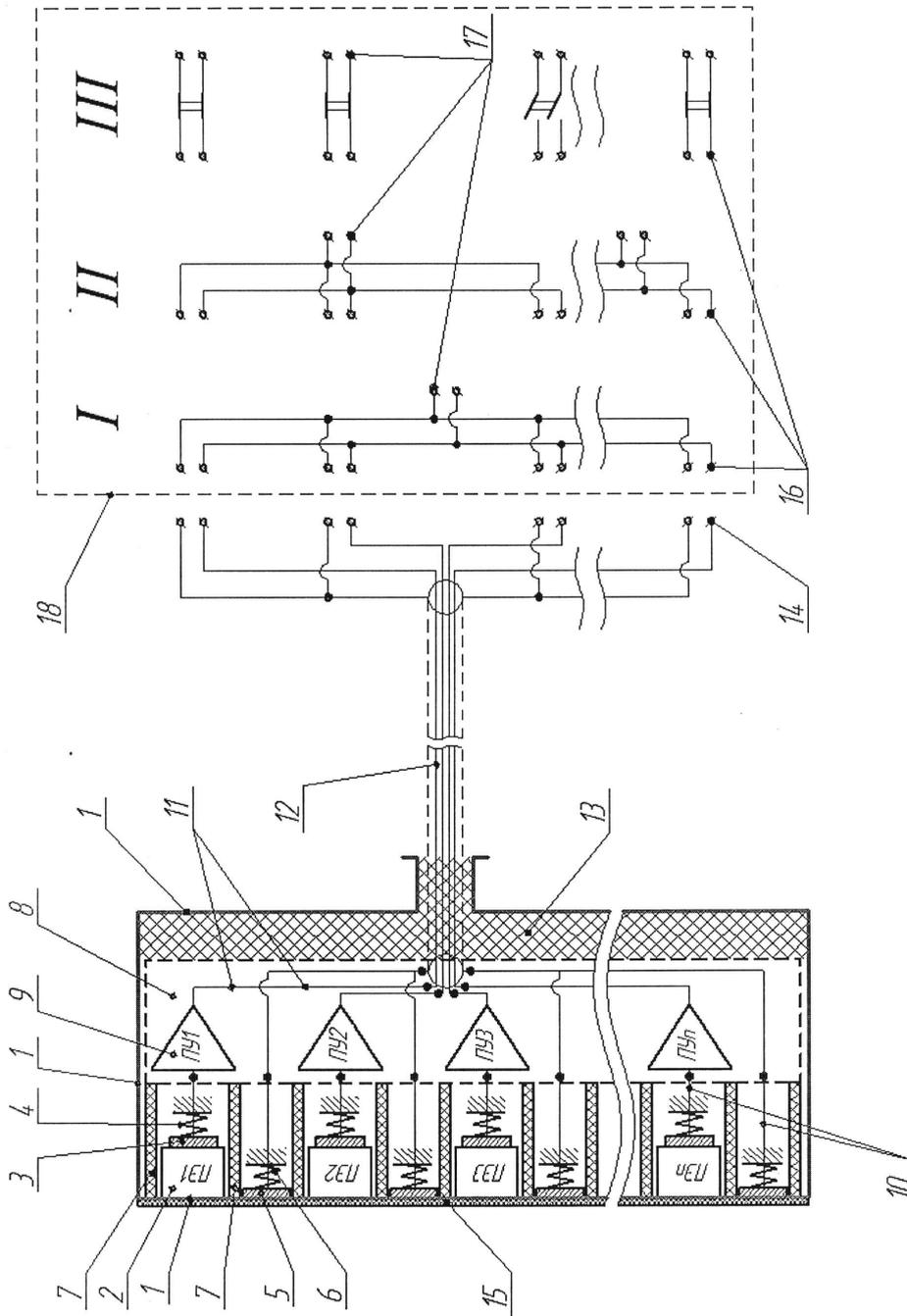
25 20. ПБ 03-593-03. Правила организации и проведения акустико-эмиссионного контроля сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов. Сер. 03. Вып. 38 М.: НТЦ по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России, 2003. - 56 с.

Формула изобретения

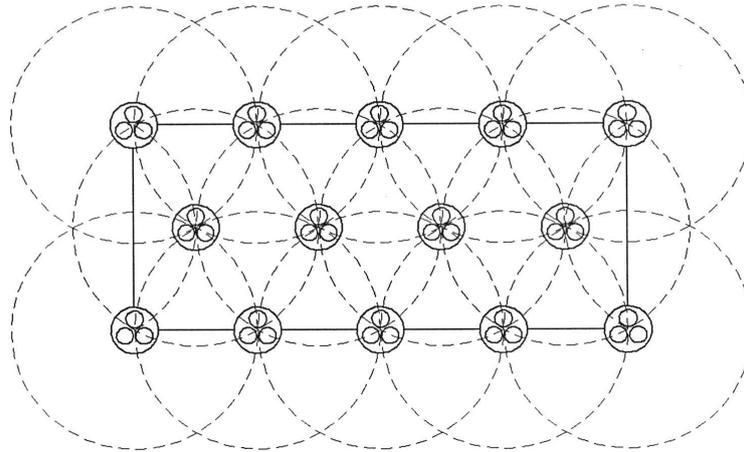
30 1. Пьезоэлектрический преобразователь для приема сигналов акустической эмиссии, отличающийся тем, что имеет минимум три одинаковые по исполнению параллельные дублирующие друг друга линии регистрации акустической эмиссии (АЭ), состоящие из пьезоэлементов, прижимных прямых и обратных контактов, предварительных усилителей и соединительных проводников, которые располагаются в общем герметичном корпусе и разделяются защитными барьерами (перегородками и/или диэлектрическими средами).

2. Пьезоэлектрический преобразователь по п. 1, отличающийся тем, что предварительные усилители размещены на одной или нескольких платах, количество которых менее количества дублирующих линий.

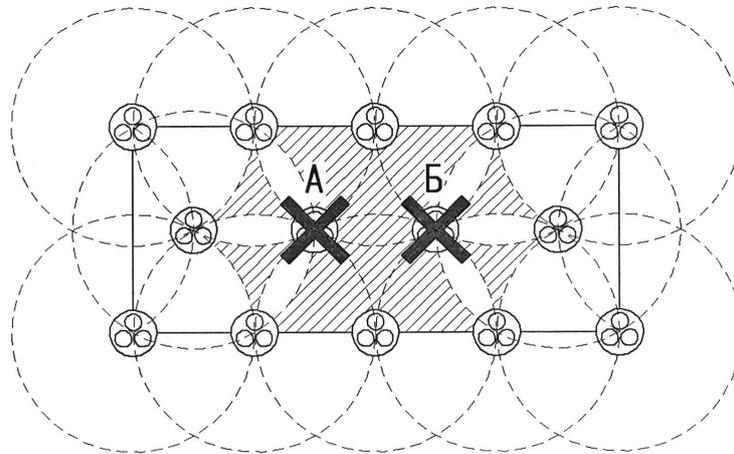
40 3. Пьезоэлектрический преобразователь по п. 1, отличающийся тем, что режим его работы задается вариантом подключения дублирующих линии к АЭ системе.



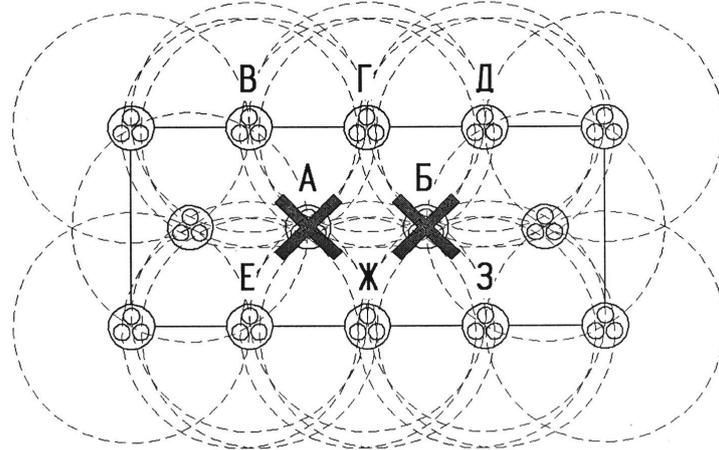
Фиг. 1



а

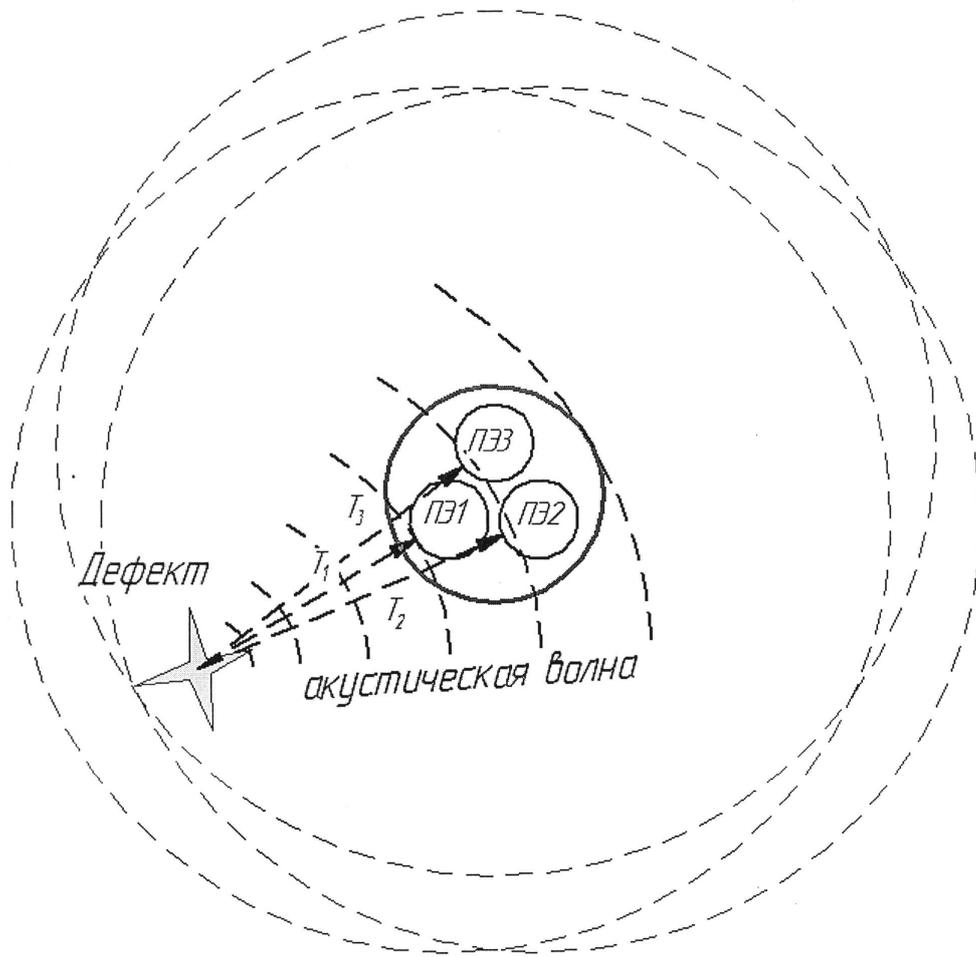


б



в

Фиг. 2



Фиг. 3