

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2013125237/28, 02.12.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
02.12.2011

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
02.12.2010 GB 1020381.8

(43) Дата публикации заявки: 10.01.2015 Бюл. № 1

(45) Опубликовано: 27.01.2016 Бюл. № 3

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: DE 102008051176 A1, 15.04.2010. US
20040112136 A1, 17.06.2004. SU 949342 A1,
07.08.1982. RU 2296320 C1, 27.03.2007. EP
0317322 A2, 24.05.1989.(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 02.07.2013(86) Заявка РСТ:
GB 2011/001672 (02.12.2011)(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2012/072984 (07.06.2012)

Адрес для переписки:

117342, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 65,
корпус 4, кв. 34, И.Л.Стойченко

(72) Автор(ы):

МЕК Клаус-Дитер (GB),
КАРЛАЙСЛ Питер Дерек (GB)

(73) Патентообладатель(и):

ДЖОН КРЭН ЮК ЛИМИТЕД (GB)

(54) СИСТЕМА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ

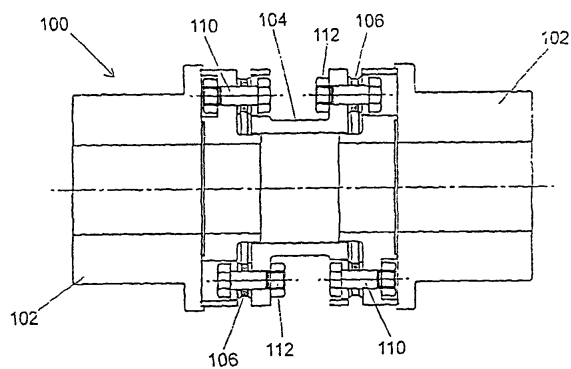
(57) Реферат:

Изобретение относится к обнаружению неисправностей муфт силовой передачи. Заявлены устройство и способ для обнаружения спровоцированного усталостью металла отказа узла, имеющего ряд гибких элементов, соединенных зацеплениями, для передачи мощности от одного компонента к другому, и узел, имеющий циклическую частоту рабочей скорости. Устройство включает в себя, по меньшей мере, один датчик, установленный в непосредственной близости к указанному узлу, при этом датчик обеспечивает аналоговый сигнал, соответствующий распространяющемуся в воздухе акустическому сигналу, излучаемому

узлом, средства для усиления аналогового сигнала; фильтрующие средства; аналого-цифровой преобразователь; средства для дискретизации цифровых сигналов в отношении частоты рабочей скорости узла и средства для анализа цифровых сигналов и обеспечения выхода при наступлении одного или более конкретного вида сигналов в рабочем цикле. Способ включает в себя обеспечение, по меньшей мере, одного датчика для контроля распространяющейся в воздухе акустической эмиссии указанного узла, при этом указанный датчик преобразует распространяющиеся в воздухе акустические сигналы, излучаемые узлом, в аналоговые

сигналы; усиление аналогового сигнала; фильтрацию аналогового сигнала; преобразование аналоговых сигналов в цифровые сигналы; дискретизацию цифровых сигналов в отношении частоты рабочей скорости узла и анализ цифровых сигналов для определения возникновения одного или нескольких

конкретных видов сигналов в рабочем цикле. Техническим результатом является обеспечение бесконтактной системы обнаружения отказа компонентов с использованием акустического метода, который способен обнаружить отказ гибкого узла муфты силовой передачи. 2 н. и 10 з.п. ф-лы, 14 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2013125237/28, 02.12.2011**(24) Effective date for property rights:
02.12.2011

Priority:

(30) Convention priority:
02.12.2010 GB 1020381.8(43) Application published: **10.01.2015** Bull. № 1(45) Date of publication: **27.01.2016** Bull. № 3(85) Commencement of national phase: **02.07.2013**(86) PCT application:
GB 2011/001672 (02.12.2011)(87) PCT publication:
WO 2012/072984 (07.06.2012)

Mail address:

**117342, Moskva, ul. Miklukho-Maklaja, d. 65,
korpus 4, kv. 34, I.L.Stojachenko**

(72) Inventor(s):

**MEK Klaus-Diter (GB),
KARLAJSL Piter Derek (GB)**

(73) Proprietor(s):

JOHN CRANE UK LIMITED. (GB)(54) **SYSTEM FOR PART MALFUNCTIONS DETECTION**

(57) Abstract:

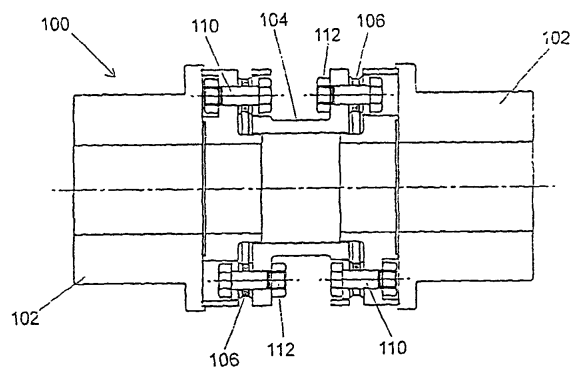
FIELD: machine building.

SUBSTANCE: device and method are specified for detection of provoked by metal fatigue malfunction of the assembly having several flexible elements connected by engagement, to transfer power from one component to the other one, and assembly having cyclic frequency of work speed. The device contains at least one sensor installed in the direct vicinity to the said assembly, at that the sensor ensures the analogue signal corresponding to the acoustic signal spreading in the air and emitted by the assembly, devices for the analogue signal amplification; filtering devices; analogue-digital converter; devices for digital signals discretisation relatively to the work speed frequency of the assembly, and devices for digital signals analysis and assurance output upon one or more exact type of signals occurrence during work cycle. The method includes assurance of at least one sensor to monitor the acoustic emission if the said assembly spreading in air, at that the said sensor converts the acoustic signals

spreading in air and emitted by the assembly in the analogue signals; analogue signal amplification; analogue signal filtering; analogue signals conversion to the digital signals; the digital signals discretisation relatively to the work speed frequency of the assembly, and analysis of the digital signals to determine occurrence of one or several exact types of the signals during the work cycle.

EFFECT: assurance of contact-free system of malfunction detection of the components using the acoustic method, that is able to detect the malfunction of the flexible assembly of the power transmission coupling.

12 cl, 14 dwg



Фиг. 1

RU 2573705 C2

RU 2573705 C2

Настоящее изобретение относится к устройству для обнаружения неисправностей муфт силовой передачи во время динамической работы вращающегося оборудования или механизмов. В частности, изобретение относится к обнаружению неисправностей в муфтах силовой передачи, включая гибкий узел, содержащий один или более гибких элементов.

Системы бесконтактного контроля оборудования с вращающимися деталями и имеющем детали с возвратно-поступательным движением используются в областях, где контроль оборудования с деталями вращающимися и с возвратно-поступательным движением на технологических установках в реальном масштабе времени затруднен большими расстояниями или проблемами, связанными с доступом. Эффективная эксплуатация и техническое обслуживание оборудования с деталями вращающимися и с возвратно-поступательным движением необходимы для того, чтобы максимально повысить производительность и сократить время простоя. Системы бесконтактного контроля используются для обнаружения или прогнозирования неисправностей оборудования до наступления катастрофического отказа оборудования, что приведет к потере производительной мощности и возможным травмам персонала.

Желательно, чтобы обнаружение и локализация неисправностей оборудования происходили, когда оборудование находится на месте, чтобы не вмешиваться в производство. Выведение оборудования из производства для профилактического осмотра нежелательно, поскольку простои ведут к потерям на производстве.

В прошлом были разработаны акустические преобразователи эмиссии и устройства для контроля специальных областей и определения отказа компонентов, связанных с вращающимся оборудованием и механизмами. Патент США 4,493,042 и др. представляет применение акустического контроля для обнаружения и оценки отказов роликовых подшипников. Другие изобретения были сделаны в области разработки специального алгоритма обработки сигналов для определения неисправности компонента на основе данных акустической эмиссии (EP 2031386 A1).

В основном, технология акустической эмиссии, которая применялась до настоящего времени для обнаружения отказа компонентов, связанных с вращающимся оборудованием и механизмами, использует датчики акустической эмиссии, которые размещаются на компоненте или конструкции, прилегающей к компоненту, для обнаружения звуковых волн, которые передаются через конструкцию (конструктивные датчики акустической эмиссии).

Муфты силовой передачи являются компонентами, которые передают крутящий момент при соотношении скоростей 1:1 между концами валов двигателя и приводимой машины. Они объединены в приводной механизм, чтобы компенсировать небольшое смещение между концами валов из-за допусков на монтаж и перемещений валов при эксплуатации и минимизации нагрузки на подшипники, связанной со смещением. Одним из наиболее распространенных промышленных применений муфты является ее использование на нефтеперерабатывающих заводах для подключения приводного механизма и насоса или приводного механизма и компрессора.

В типичной муфте силовой передачи, как показано в поперечном сечении на Фиг. 1, втулка 102 или переходная муфта предусмотрена на конце вала на оборудовании как двигателя, так и приводимой машины, а блок передачи 104 соединяет втулки 102 вместе для передачи привода и крутящего момента от оборудования двигателя к оборудованию приводимой машины. Гибкий узел 106 предусматривается в качестве интерфейса между каждой втулкой 102 и блоком передачи 104 для нейтрализации углового, радиального и осевого смещения между оборудованием двигателя и оборудованием приводимой

машины. Примером гибкого узла 106 являются гибкие мембраны, обнаруженные в муфтах John Crane® T Series™ и M Series™, в которых гибкий узел 106 содержит ряд гибких элементов 108, как показано на Фиг. 2. Гибкие элементы 108 уложены друг на друга на расположенных рядом зацеплениях, гибкий узел 106 скреплен попеременно с втулкой 102 и блоком передачи 104 с помощью четного числа болтов 110, 112, которые проходят через отверстия 14, расположенные с промежутками под углом относительно гибких элементов 108.

Во время каждого вращения вала гибкий узел (106) и отдельные гибкие элементы (108) подвергаются воздействию напряжений кручения из-за крутящего момента на валу привода и напряжений от изгиба из-за смещения вала.

При эксплуатации муфты в указанных проектных пределах гибкие элементы достигают теоретического бесконечного срока службы свыше 10^6 циклов нагрузки. Однако, если условия превышают указанный предел, эксплуатация происходит за пределами смещения и/или передача крутящего момента осуществляется за проектными пределами, то муфта выйдет из строя из-за усталостных трещин вследствие напряжения в гибких элементах 108 гибкого узла 106.

Такой отказ развивается в большинстве случаев в течение нескольких дней (недель) от возникновения первой трещины, он может иметь дорогостоящие последствия из-за вторичного повреждения машины или привода, перерыва в производстве и в некоторых случаях из-за создания серьезного риска для здоровья и безопасности.

Поскольку каждый гибкий узел 106 состоит из ряда отдельных гибких элементов 108, то трудно обнаружить отказ отдельного гибкого элемента 108 гибкого узла 106. Каждый гибкий элемент 108 во время работы излучает различный акустический след или сигнал.

Самое главное, что начало отказу гибкого узла 106 дает истирание, т.е. трение между отдельными гибкими элементами 108, за которым следует отказ первого гибкого элемента 108, за ним отказ второго гибкого элемента 108 и так далее. Таким образом, муфта может функционировать в течение некоторого времени до катастрофического отказа гибкого узла 106.

Обнаружение акустической эмиссии, излучаемой при неисправности в гибком элементе 108 муфты 100, с использованием конструктивной акустической эмиссии вряд ли будет успешным и не будет возможным с любой из существующих технологий обнаружения, поскольку конструктивный датчик акустической эмиссии не может быть помещен рядом с мембранным блоком муфты, а должен быть размещен на некотором расстоянии от механизмов, где звук, следовательно, должен пройти через несколько интерфейсных компонентов, что исключает шанс обнаружения сигнала в шуме окружающих механизмов (шум подшипников, шум производства и т.д.). Например, с помощью муфты, показанной на Фиг. 1, с помощью конструктивных датчиков акустической эмиссии, используемых с устройствами обнаружения, описанными в патенте США 4,493,042 и др., звук должны быть передан от гибкого элемента 108 к болтам 110, 112, от болтов 110, 112 к втулке 102, от втулки к валу машины, от вала к соединительному подшипнику и от подшипника, который также представляет собой мощный источник акустической эмиссии, к корпусу, где размещен конструктивный датчик.

В соответствии с настоящим изобретением, однако, было установлено, что с помощью датчика акустической эмиссии для непосредственного обнаружения волн распространяющегося в воздухе шума высокой частоты от 25 до 90 кГц и при размещении одного или более таких датчиков в непосредственной близости от муфты на расстоянии от 1 до 200 см могут быть обнаружены звуковые волны неисправностей

гибкого элемента.

Однако при использовании более низкой частоты, чем обычно используется с конструктивными датчиками акустической эмиссии, должен быть разработан усовершенствованный и специальный алгоритм формирования и распознавания сигналов, чтобы отличать сигнал от мембраны муфты и других источников звука. Также следует разработать алгоритм, который устанавливает, представляет ли собой сигнал неисправность одного или нескольких гибких элементов 108, вплоть до обнаружения полного отказа гибкого узла 106.

Кроме того, многие вращающиеся и возвратно-поступательные узлы используются на крупных технологических установках, и каждая технологическая установка может содержать множество муфт силовой передачи, механические уплотнения, газовые уплотнения и подшипники, выделяющие различные акустические следы или резонанс. Таким образом, требуется конкретный алгоритм обнаружения отказов.

Цель настоящего изобретения состоит в том, чтобы предоставить бесконтактную систему обнаружения отказа компонентов с использованием акустического метода, который способен обнаружить отказ гибкого узла 106 муфты силовой передачи.

Согласно одному аспекту настоящего изобретения устройство для обнаружения спровоцированного усталостью металла отказа узла, имеющего один гибкий элемент или ряд гибких элементов, уложенных друг на друга на расположенных рядом зацеплениях, для передачи мощности от одного компонента к другому, узел, имеющий циклическую частоту рабочей скорости, указанное устройство включает в себя:

по меньшей мере, один датчик, установленный в непосредственной близости к указанному узлу, датчик обеспечивает аналоговый сигнал, соответствующий распространяющемуся в воздухе акустическому сигналу, излучаемому узлом;

средства для усиления аналогового сигнала;

фильтрующие средства, чтобы уменьшить фоновый шум от аналогового сигнала; аналого-цифровой преобразователь для преобразования аналоговых сигналов в цифровой сигнал;

средства дискретизации цифровых сигналов в отношении частоты рабочей скорости узла и

средства для анализа цифровых сигналов и обеспечения выхода при наступлении пиков одного или более цифровых сигналов в рабочем цикле.

Согласно другому аспекту настоящего изобретения способ обнаружения спровоцированного усталостью отказа узла, имеющего один гибкий элемент или ряд гибких элементов, предусмотренных на расположенных рядом зацеплениях, для передачи мощности от одного компонента к другому, узел, имеющий циклическую частоту рабочей скорости, указанный способ включает в себя:

обеспечение, по меньшей мере, одного датчика для контроля распространяющейся в воздухе акустической эмиссии указанного узла;

указанный датчик или датчики, преобразующие распространяющиеся в воздухе акустические сигналы, излучаемые узлом, в аналоговые сигналы;

усиление аналоговых сигналов;

фильтрацию аналогового сигнала для уменьшения фонового шума;

преобразование аналоговых сигналов в цифровые сигналы;

дискретизацию цифровых сигналов в отношении частоты рабочей скорости узла и анализ цифровых сигналов для определения возникновения одного или нескольких конкретных видов сигналов в рабочем цикле, указанное возникновение одного или более конкретных видов сигналов указывает на отказ одного или более гибких элементов

узла.

Предпочтительно, если каждый акустический датчик размещается на расстоянии от 1 до 200 см от узла с беспрепятственным доступом к узлу.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления настоящего изобретения аналоговый сигнал фильтруется с помощью детектора, который усредняет пиковые аналоговые сигналы в интервале времени и заменяет их аналоговыми сигналами среднего значения.

В соответствии с другим вариантом осуществления настоящего изобретения датчик для распространяющейся в воздухе акустической эмиссии может быть подключен к средствам для обработки акустического сигнала через узел сети и шлюз, узел подключается к шлюзу по беспроводной сети. Каждый узел предпочтительно содержит, по меньшей мере, один датчик, пригодный для измерения акустической эмиссии гибкого узла, процессор обработки сигналов для обработки данных, по меньшей мере, из одного указанного датчика, а также комбинированный беспроводной интерфейс приема/передачи; каждый шлюз содержит процессор обработки сигналов для обработки данных от каждого узла и комбинированный беспроводной интерфейс приема/передачи; и компьютер, соединенный со шлюзом, данные от каждого узла передается на шлюз по радиочастоте и указанная станция управления посылает сообщение о конфигурации от шлюза к каждому узлу, чтобы указать одну или несколько функций анализа для выполнения.

Далее изобретение будет описано с помощью примеров и со ссылками на прилагаемые чертежи:

Фиг. 1 демонстрирует поперечное сечение типичной мембранной муфты;

Фиг. 2 демонстрирует типичный гибкий элемент мембранной муфты;

Фиг. 3 демонстрирует систему обнаружения акустической эмиссии для определения спровоцированного усталостью металла отказа узла в соответствии с настоящим изобретением;

Фиг. 4 демонстрирует огибание акустических сигналов в соответствии с настоящим изобретением;

Фиг. 5 демонстрирует абсолютно оцифрованные акустические сигналы исправной муфты в соответствии с настоящим изобретением. На оси абсцисс отложено время, на оси ординат - интенсивность сигнала. Интервал, отмеченный стрелками, означает время, за которое происходит один оборот.

Фиг. 6 демонстрирует спектр быстрого преобразования Фурье исправной муфты в соответствии с настоящим изобретением. На оси абсцисс отложена частота, на оси ординат интенсивность сигнала.

Фиг. 7 демонстрирует акустические сигналы муфты с одним гибким элементом, имеющим трещины, в соответствии с настоящим изобретением. На оси абсцисс отложено время, на оси ординат - интенсивность сигнала. Интервал, отмеченный стрелками, означает время, за которое происходит один оборот.

Фиг. 8 демонстрирует спектр быстрого преобразования Фурье муфты с одним гибким элементом, имеющим трещины, в соответствии с настоящим изобретением. На оси абсцисс отложена частота, на оси ординат - интенсивность сигнала.

Фиг. 9 демонстрирует акустические сигналы муфты с двумя гибкими элементами, имеющими трещины, в соответствии с настоящим изобретением. На оси абсцисс отложено время, на оси ординат - интенсивность сигнала. Интервал, отмеченный стрелками, означает время, за которое происходит один оборот.

Фиг. 10 демонстрирует спектр быстрого преобразование Фурье муфты с двумя

гибкими элементами, имеющими трещины, в соответствии с настоящим изобретением. На оси абсцисс отложена частота (Гц), на оси ординат - интенсивность сигнала.

Фиг. 11 демонстрирует акустические сигналы муфты с тремя гибкими элементами, имеющими трещины, в соответствии с настоящим изобретением. На оси абсцисс отложено время, на оси ординат - интенсивность сигнала. Интервал, отмеченный стрелками, означает время, за которое происходит один оборот.

Фиг. 12 демонстрирует спектр быстрого преобразования Фурье муфты с тремя гибкими элементами, имеющими трещины, в соответствии с настоящим изобретением. На оси абсцисс отложена частота (Гц), на оси ординат - интенсивность сигнала.

Фиг. 13 демонстрирует цифровые акустические сигналы, образованные в результате статистического процесса дискретизации высокого порядка. На оси абсцисс отложены значения асимметрии, а на оси ординат - значения эксцесса.

Фиг. 14 демонстрирует цифровые акустические сигналы, образованные в результате объединения спектра быстрого преобразования Фурье и статистического процесса дискретизации высокого порядка. На оси ординат показана мера состояния муфты.

Фиг. 15 демонстрирует средние квадратичные значения цифровых акустических сигналов.

На Фиг. 3 показана схема системы обнаружения акустической эмиссии 200 для определения спровоцированного усталостью металла отказа гибкого узла 106 муфты силовой передачи 100 согласно настоящему изобретению. Система обнаружения акустической эмиссии 200 содержит преобразователь акустической эмиссии 202 для обнаружения изменений в акустических сигналах или волн напряжений, излучаемых из комплекта гибких элементов 108, формирующих гибкие узлы 106 муфты силовой передачи 100, показанной на Фиг. 1 и 2. Такие акустические сигналы или волны напряжений обычно генерируются в результате сгибания, изгиба, растяжения и силы трения, вызванных гибкими элементами 108 в условиях эксплуатации. Более того, характерные сигналы излучаются гибкими элементами 108, когда трещина появляется и распространяется.

Ширина полосы частот преобразователя акустической эмиссии 202 выбрана для уменьшения фона, при этом чувствительна к возможности снять акустические сигналы, генерируемые гибкими узлами 106, путем обнаружения распространяющихся в воздухе акустических сигналов.

Преобразователь акустической эмиссии 202 является пьезоэлектрическим преобразователем, предназначенным для преобразования акустических сигналов в аналоговые сигналы. Для обнаружения распространяющихся в воздухе акустических сигналов преобразователь акустической эмиссии 202 работает в диапазоне частот от 25 до 90 кГц.

Затем аналоговые сигналы посылаются в модуль управления 204. Модуль управления 204 содержит усилитель 206 для усиления аналогового сигнала и модулятор огибающей 208, где пиковые аналоговые сигналы усредняются в интервале времени и заменяются средними значениями. Преимущества использования модулятора огибающей 208 таковы:

- ненужный шум устраняется;
- сводится к минимуму необходимая частота дискретизации для оцифровки;
- сводятся к минимуму вычислительные затраты на обработку сигналов.

Фиг. 4 демонстрирует пиковые сигналы, усредненные в интервале времени и замененные средними значениями для фильтрации фонового шума.

Аналоговые сигналы преобразуются в цифровые сигналы с помощью аналого-

цифрового преобразователя, причем цифровые сигналы затем посылаются в модуль сбора данных 210. Модуль сбора данных 210 дискретизирует сигнал в комплектах дискретных данных, в результате чего время дискретизации охватывает минимум 2 оборота вала. Затем каждый комплект данных разделяется, причем один комплект цифровых сигналов посылается на процессор обработки сигналов 212. Процессор обработки сигналов 212 использует быстрое преобразование Фурье для расчета частотных составляющих частотной области сигналов. Оставшийся комплект сигналов остается в качестве полученного во временной области.

Как временная область, так и частотная область сигнала затем направляются в модуль диагностики 214 для определения возникновения и частоты характеристик сигнала по отношению к частоте вращения муфты 100.

Фиг. 5-12 демонстрируют типичные сигналы, обрабатываемые в модуле диагностики 214. Фиг. 5, 7, 9 и 11 демонстрируют абсолютные цифровые акустические сигналы, полученные из модуля сбора данных 210, посредством чего определенные виды сигналов используются для определения отказа каждого гибкого элемента 108 из-за вращения муфты 100. Фиг. 6, 8, 10 и 12 демонстрируют цифровые сигналы, полученные при использовании в процессе дискретизации быстрого преобразования Фурье, в результате чего сигналы анализируются в спектре по отношению к частоте вала муфты.

Фиг. 5 и 6 демонстрируют полностью функциональную муфту без неисправностей, при этом только Фиг. 5 отображает фоновый шум. Частота, относящаяся к валу муфты, отсутствует на Фиг. 6.

Фиг. 7 и 8 демонстрируют трещину одного гибкого элемента 108 муфты 100. Фиг. 7 показывает временную область комплекта дискретизированного сигнала с одним доминирующим пиком сигнала А, а Фиг. 8 показывает частотную область комплекта дискретизированного сигнала, который показывает увеличение амплитуды основной и гармонических частот, связанной со скоростью муфты.

Фиг. 9 и 10 демонстрируют два гибких элемента 108 с трещинами на муфте 100. Фиг. 9 показывает два пика сигналов А и В, а Фиг. 10 показывает дальнейшее увеличение амплитуды сигнала частоты вала муфты 100 и дальнейшее увеличение амплитуды сигналов гармонических частот в частотной области комплекта дискретизированного сигнала.

Фиг. 11 и 12 демонстрируют три гибких элемента 108 с трещинами на муфте 100. Фиг. 11 показывает три пика сигналов А, В и С, а Фиг. 12 показывает дальнейшее увеличение амплитуды сигнала частоты вала муфты 100 и дальнейшее увеличение амплитуды гармонических частот в частотной области комплекта дискретизированного сигнала.

Во втором варианте осуществления изобретения процессор обработки сигналов 212 вычисляет статистические величины высокого порядка, а именно асимметрию и эксцесс из комплекта дискретизированных сигналов, полученных с помощью модуля сбора данных 210, и передает эти значения в модуль диагностики 214, чтобы определить сигналы, относящиеся к муфте и не относящиеся к ней, и специфические ошибки, относящиеся к гибкому элементу 108, в определенный интервал времени.

Фиг. 13 демонстрирует сигналы, генерируемые модулем диагностики 214 с использованием статистического процесса дискретизации высокого порядка, причем результаты статистического анализа симметрии представлены в зависимости от результатов статистического анализа эксцесса. Статистический процесс дискретизации высокого порядка имеет возможность определить, находится ли гибкий узел 106 в хорошем рабочем состоянии, или отдельные гибкие элементы 108 имеют трещины. Как

показано на Фиг. 13, пороговые величины асимметрии и эксцесса дают представление о работе муфты 100.

В третьем варианте осуществления изобретения процессор обработки сигналов 212 анализирует цифровые сигналы с использованием процесса быстрого преобразования Фурье в сочетании со статистическим процессом дискретизации высокого порядка согласно второму варианту осуществления изобретения, чтобы дать представление об исправности гибкого узла 106. С помощью следующего уравнения можно определить исправность гибкого узла 106:

Исправность муфты

$$= \frac{1}{(C3 \times C4)^2 \times e^{\frac{(FFT_{shaft} - FFT_{\Sigma Z}) + (FFT_{shaft2} - FFT_{\Sigma Z}) + \dots + (FFT_{shaftn} - FFT_{\Sigma Z})}{n}}},$$

где $FFT_{\Sigma Z} = \frac{\sum f_i}{Z}$ является средним значением FFT (быстрое преобразование Фурье) для первого диапазона частот Z, причем Z представляет собой целое число;

FFT_{shaft} является быстрым преобразованием Фурье для первой частоты вала муфты;

FFT_{shaft2} является быстрым преобразованием Фурье для второй частоты вала муфты;

FFT_{shaftn} является быстрым преобразованием Фурье для частоты n вала муфты, причем n является целым числом и $n < Z$;

C3 является значением асимметрии;

C4 является значением эксцесса.

Приведенное выше уравнение представляет собой типичный пример математической статистической функции, используемой для определения исправности муфты. Другие комбинации значений в математической статистической функции могут обеспечить аналогичные результаты и могут быть использованы без отступления от объема настоящего изобретения.

Как указано выше, объединенные быстрое преобразования Фурье и статистический метод дискретизации высокого порядка позволяют определять состояние муфты для любой рабочей скорости муфты 100. Поэтому такой метод может быть применен к муфтам 100, которые работают с переменной или фиксированной скоростью.

В соответствии с Фиг. 14, используя обратную величину значений исправности муфты, продемонстрировано состояние муфты 100 в графическом формате вместе с пороговым значением исправности муфты с помощью модуля диагностики 214, чтобы обратить внимание на потенциальные проблемы. Как показано на Фиг. 14, границы состояния муфты установлены для определения исправности муфты 100. Значения в диапазоне от 0,1 до 1, показывают, что гибкие узлы 106 находятся в хорошем рабочем состоянии, значения в диапазоне от 1 до 10 указывают, что гибкий узел 106 имеет потенциальную проблему, например истирание металла между отдельными гибкими элементами 108, а значения выше 10 указывают, что муфта вышла из строя или в гибких элементах 108 имеются трещины.

В четвертом варианте осуществления изобретения устройство обработки сигналов 212 дискретизирует цифровые сигналы путем вычисления среднеквадратичных значений цифровых сигналов на один оборот вала. В соответствии с Фиг. 15 модуль диагностики 214 отображает среднеквадратичные значения сигналов на графике. Хотя мало отличать сигналы исправной муфты от сигналов неисправной муфты, пороговые значения могут

быть установлены пользователем, так что модуль диагностики 214 будет давать указание на потенциальный полный отказ муфты.

Различные модификации могут быть осуществлены без отступления от объема настоящего изобретения. Например, в то время как приведенные выше варианты осуществления изобретения были описаны со ссылкой на модулятор огибающей для снижения шума, изобретение в равной степени может быть использовано с любым устройством обработки сигналов или фильтрами сигналов, которые способны уменьшить фоновый шум.

Настоящее изобретение было описано со ссылкой на систему обнаружения акустической эмиссии для определения спровоцированного усталостью металла отказа узла, содержащего, по меньшей мере, один преобразователь, что является только примером, и изобретение может быть использовано для одного или нескольких преобразователей.

Кроме того, процессы дискретизации могут дискретизировать сигналы непрерывно или периодически в течение определенного периода времени без отступления от объема настоящего изобретения.

Формула изобретения

1. Устройство для обнаружения спровоцированного усталостью металла отказа узла, имеющего ряд гибких элементов, соединенных зацеплениями, для передачи мощности от одного компонента к другому, и узел, имеющий циклическую частоту рабочей скорости, указанное устройство включает в себя:

по меньшей мере, один датчик, установленный в непосредственной близости к указанному узлу, при этом датчик обеспечивает аналоговый сигнал, соответствующий распространяющемуся в воздухе акустическому сигналу, излучаемому узлом;

средства для усиления аналогового сигнала;

фильтрующие средства для уменьшения фонового шума от аналогового сигнала;

аналого-цифровой преобразователь для преобразования аналоговых сигналов в цифровой сигнал;

средства для дискретизации цифровых сигналов в отношении частоты рабочей скорости узла и

средства для анализа цифровых сигналов и обеспечения выхода при наступлении одного или более конкретного вида сигналов в рабочем цикле.

2. Устройство по п. 1, в котором датчик чувствителен к частотам в диапазоне акустических сигналов, излучаемых гибкими элементами узла.

3. Устройство по п. 1, в котором датчик расположен так, чтобы воспринимать распространяющиеся в воздухе акустические сигналы в диапазоне частот от 25 до 90 кГц.

4. Устройство по одному из пп.1-3, в котором датчик представляет собой пьезоэлектрический преобразователь.

5. Устройство по одному из пп.1-3, в котором фильтрующее средство представляет собой детектор огибающей, который усредняет пиковые аналоговые сигналы в интервале времени и заменяет их аналоговыми сигналами среднего значения.

6. Способ обнаружения спровоцированного усталостью отказа узла, имеющего ряд гибких элементов, соединенных зацеплениями, для передачи мощности от одного компонента к другому, узел, имеющий циклическую частоту рабочей скорости, указанный способ включает в себя:

обеспечение, по меньшей мере, одного датчика для контроля распространяющейся

в воздухе акустической эмиссии указанного узла, при этом указанный датчик преобразует распространяющиеся в воздухе акустические сигналы, излучаемые узлом, в аналоговые сигналы;

усиление аналогового сигнала;

5 фильтрацию аналогового сигнала для уменьшения фоновых шумов;

преобразование аналоговых сигналов в цифровые сигналы;

дискретизацию цифровых сигналов в отношении частоты рабочей скорости узла, и анализ цифровых сигналов для определения возникновения одного или нескольких

10 конкретных видов сигналов в рабочем цикле, при этом указанное возникновение одного или более конкретных видов сигналов указывает на отказ одного или более гибких элементов узла.

7. Способ по п. 6, в котором аналоговый сигнал фильтруется путем пропускания его через детектор огибающей, который усредняет пиковые аналоговые сигналы в интервале времени и заменяет их аналоговыми сигналами среднего значения.

15 8. Способ по п. 6 или 7, в котором дискретизация цифровых сигналов осуществляется с использованием процесса быстрого преобразования Фурье, посредством чего сигналы анализируются в спектре по отношению к рабочей частоте скорости узла, причем отказ одного или более гибких элементов узла образует гармонические частоты в спектре быстрого преобразования Фурье.

20 9. Способ по п. 6 или 7, в котором амплитуда гармонических частот возрастает с увеличением числа неисправных гибких элементов.

10. Способ по п. 6 или 7, в котором дискретизация цифровых сигналов осуществляется с использованием комбинации статистических значений асимметрии и эксцесса, чтобы обеспечить указание на отказ одного или более гибких элементов.

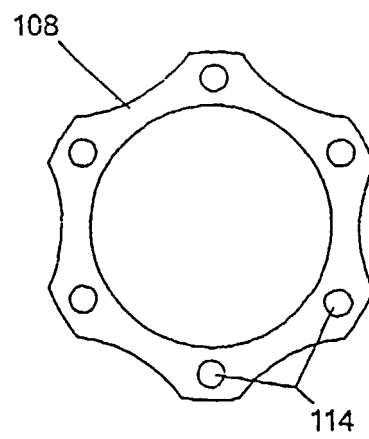
25 11. Способ по п. 6 или 7, в котором дискретизация цифровых сигналов осуществляется с использованием процесса быстрого преобразования Фурье в сочетании со статистическими значениями асимметрии и эксцесса, чтобы обеспечить указание на отказ одного или более гибких элементов.

30 12. Способ по п. 6 или 7, в котором дискретизация цифровых сигналов осуществляется путем расчета среднеквадратичных (RMS) значений цифровых сигналов в пределах одного цикла узла.

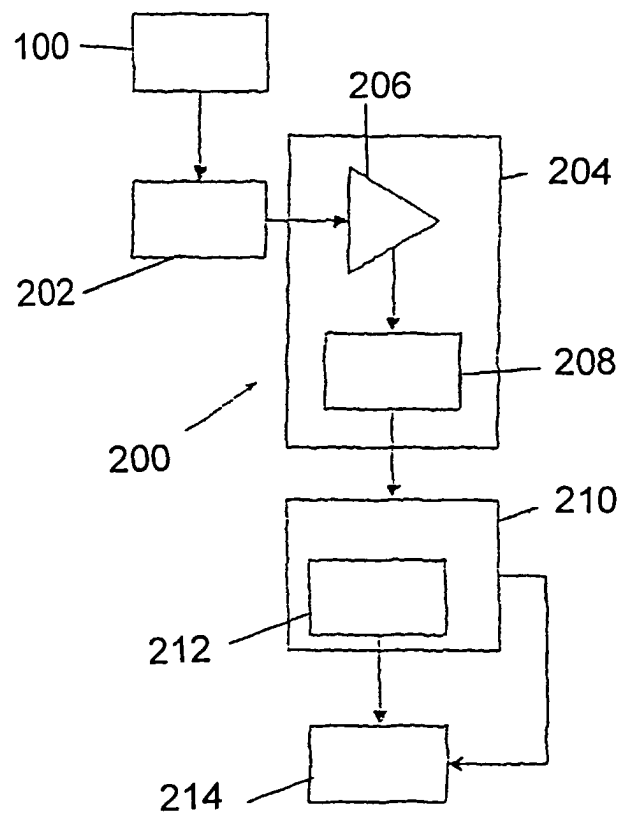
35

40

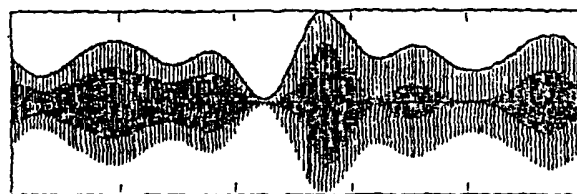
45



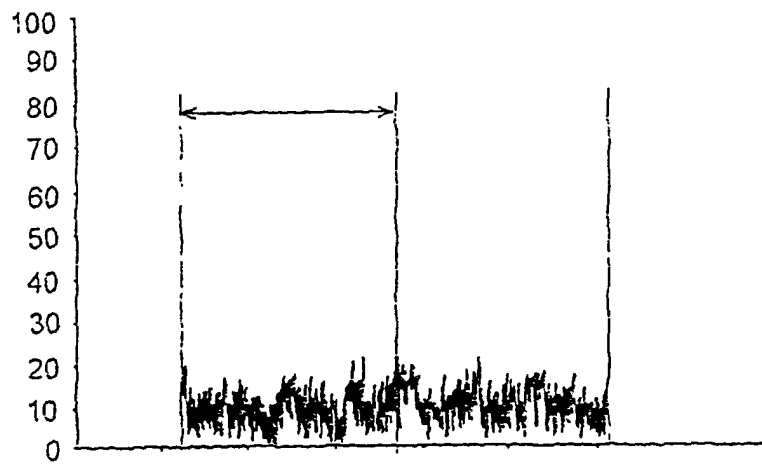
Фиг. 2



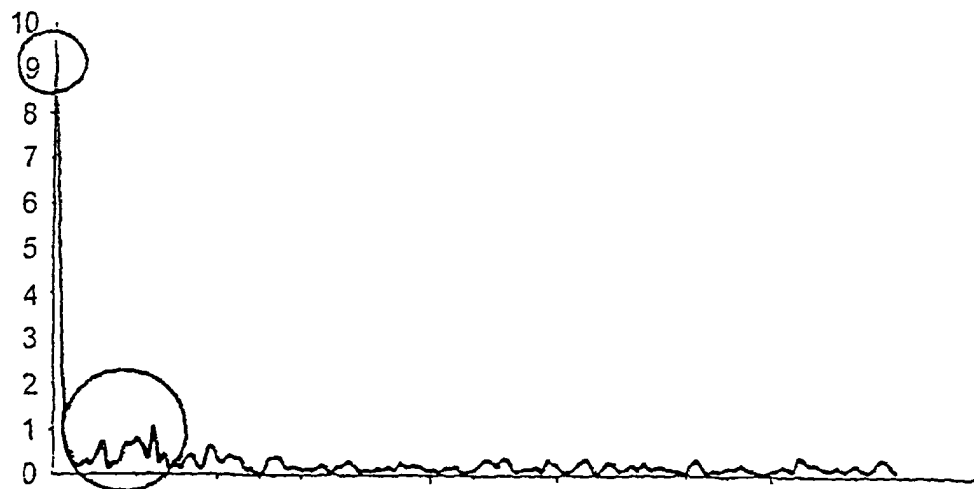
Фиг. 3



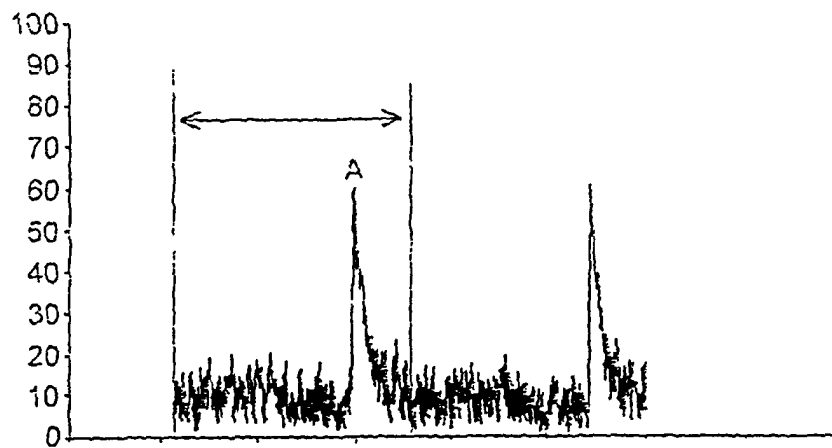
Фиг. 4



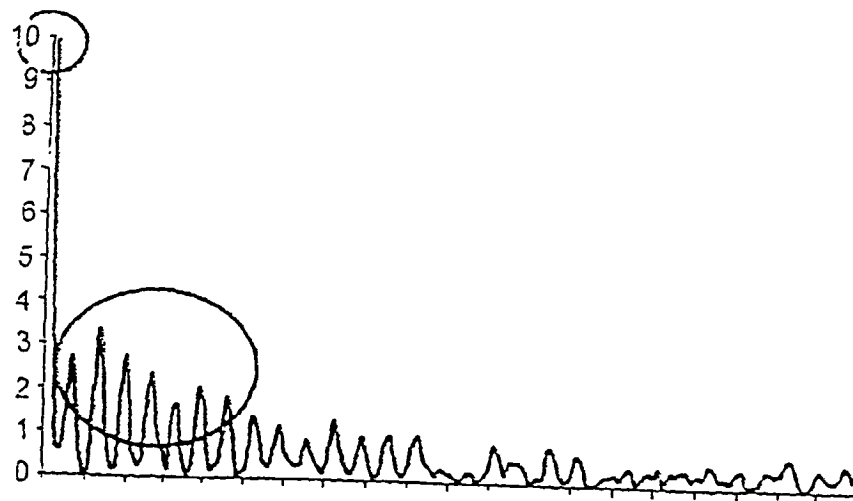
Фиг. 5



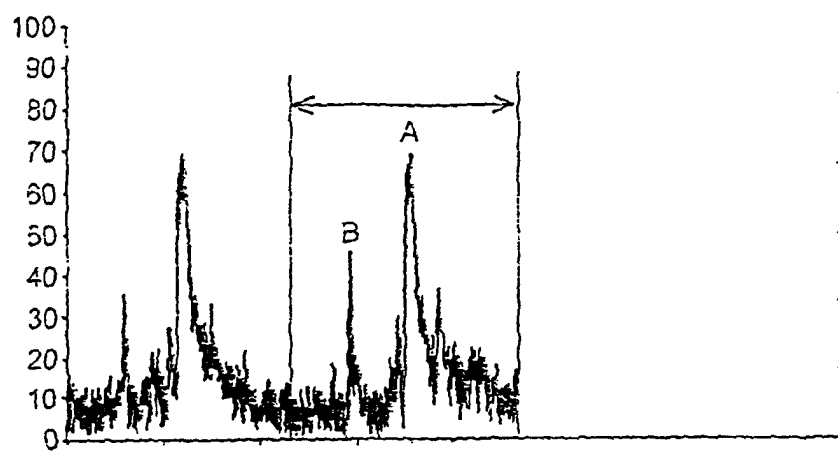
Фиг. 6



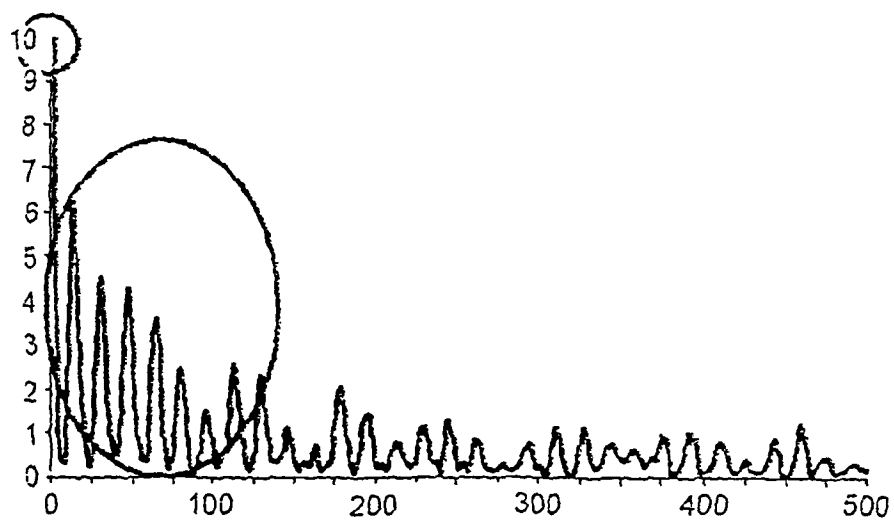
Фиг. 7



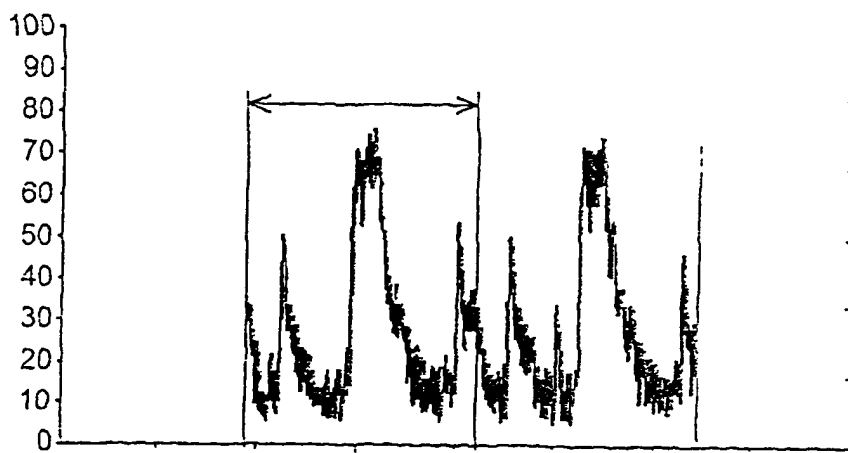
Фиг. 8



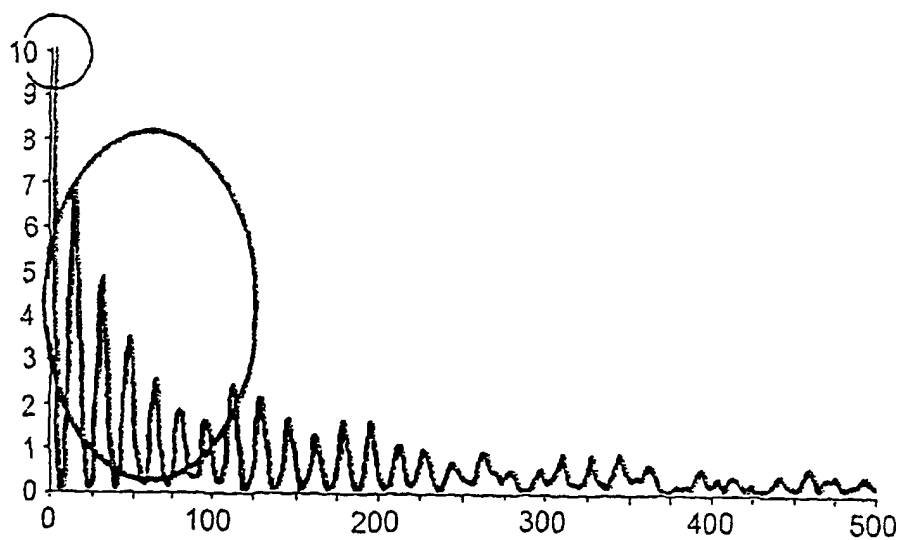
Фиг. 9



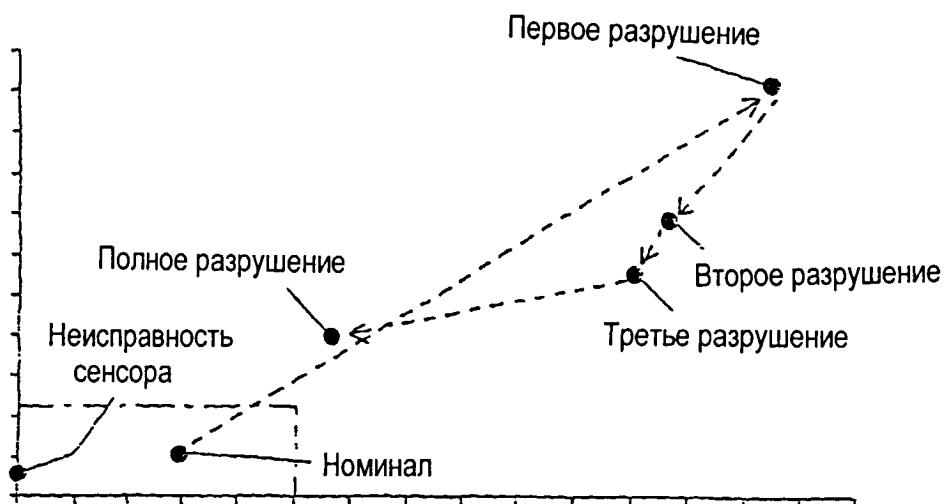
Фиг. 10



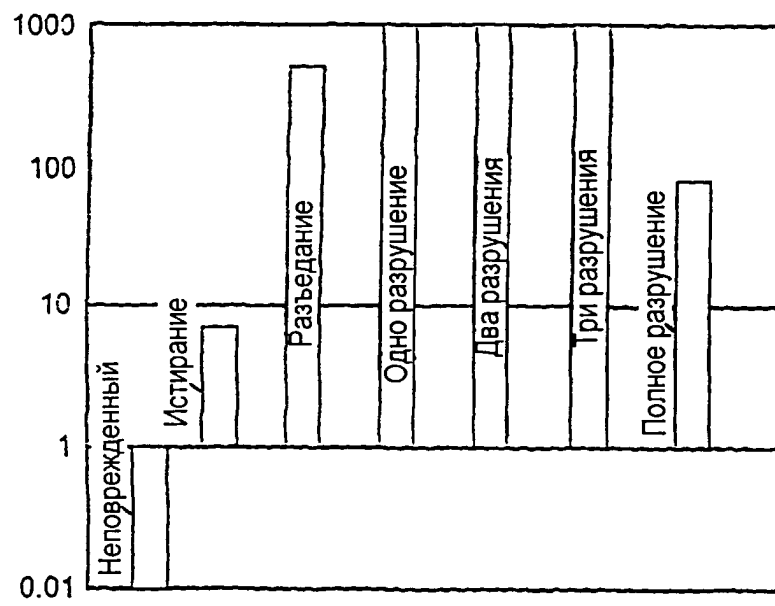
Фиг. 11



Фиг. 12



Фиг. 13



Фиг. 14