

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **044179**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.07.28

(51) Int. Cl. **G01M 3/24 (2006.01)
F17D 5/02 (2006.01)**

(21) Номер заявки
202390111

(22) Дата подачи заявки
2020.11.27

(54) **СПОСОБ КОНТРОЛЯ ГЕРМЕТИЧНОСТИ И ОБНАРУЖЕНИЯ МЕСТА ТЕЧИ В ТРУБОПРОВОДЕ С ЗАПОРНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ**

(31) **2020128921**

(32) **2020.09.01**

(33) **RU**

(43) **2023.05.17**

(86) **PCT/RU2020/000638**

(87) **WO 2022/050864 2022.03.10**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
"РОССИЙСКИЙ КОНЦЕРН
ПО ПРОИЗВОДСТВУ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОЙ
ЭНЕРГИИ НА АТОМНЫХ
СТАНЦИЯХ"; ФЕДЕРАЛЬНОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ
АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ
"НАЦИОНАЛЬНЫЙ**

**ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ "МИФИ" (НИЯУ
МИФИ); ЧАСТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ
НАУЧНОГО РАЗВИТИЯ
АТОМНОЙ ОТРАСЛИ "НАУКА
И ИННОВАЦИИ" (ЧАСТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ "НАУКА И
ИННОВАЦИИ") (RU)**

(72) Изобретатель:
**Абидова Елена Александровна,
Синельщиков Павел Владимирович
(RU)**

(74) Представитель:
Снегов К.Г. (RU)

(56) **US-A-6134949
RU-C2-2181881
JPS-A-6243534**

(57) Изобретение относится к области технической диагностики и может быть использовано для исследования трубопроводов на герметичность и обнаружения мест течи в трубопроводах атомных станций. Проводят регистрацию акустических сигналов в двух точках по длине трубопровода и последующую обработку принятых акустических сигналов. Регистрацию акустических сигналов осуществляют в широком ультразвуковом диапазоне в двух точках по длине трубопровода, расположенных на трубопроводе до и после запорного элемента. Затем зарегистрированные в точке трубопровода до запорного элемента и в точке после запорного элемента ультразвуковые сигналы обрабатывают и по полученным значениям строят два спектра сигналов. Далее выделяют диапазон от 15000 до 90000 Гц и выбирают в этом диапазоне наибольшее значение амплитуды в обоих спектрах сигналов. Затем делят амплитуды спектров сигналов в указанном частотном диапазоне на наибольшее значение амплитуды и определяют разницу между спектрами сигналов до и после запорного элемента по математической формуле, что обеспечивает определение степени герметичности трубопровода для анализа возможности его дальнейшей эксплуатации, а также повышения качества и эффективности обнаружения мест течи трубопровода.

044179 B1

044179 B1

Изобретение относится к области технической диагностики, в частности к способам контроля герметичности трубопроводов, и может быть использовано для исследования трубопроводов на герметичность и обнаружения мест течи в трубопроводах атомных станций.

Одной из важнейших задач технической диагностики оборудования атомных станций является обнаружение протечек теплоносителя. В настоящее время наибольшее распространение получил ультразвуковой способ контроля внутренних и внешних протечек. Внутренние протечки связаны с нарушением герметичности запорной арматуры, внешние - с истечением теплоносителя через повреждённые внешние стенки конструкции. Существующие подходы основаны на анализе акустической эмиссии работающего оборудования, а также расчёта корреляционной функции для пары измерительных каналов. Однако такой подход не предусматривают объективных параметров для количественной оценки величины протечки, а в некоторых случаях решение о наличии протечки принимается на основе субъективной оценки и органолептического восприятия фоновых шумов работающего оборудования.

Известен способ определения координаты течи в трубопроводах (авторское свидетельство СССР на изобретение № 1283566), заключающийся в приеме акустических сигналов в двух точках по длине трубопровода, обнаружении течи и последующей корреляционной обработке принятых акустических сигналов, в результате которой определяют разность времен прихода акустических сигналов и координату места течи.

Недостатком данного способа является малая длина контролируемой области трубопровода и невозможность его применения в условиях наличия дискретных помех от технических объектов, окружающих или пересекающих трубопровод.

Наиболее близким аналогом к заявляемому техническому решению является способ контроля герметичности и определения координат места течи в продуктопроводе (патент РФ на изобретение № 2181881), заключающийся в приеме акустических сигналов в двух точках по длине продуктопровода, обнаружении течи и последующей корреляционной обработке принятых акустических сигналов, в результате которой определяют разность времени прихода акустических сигналов и координаты места течи, при этом перед корреляционной обработкой принятых акустических сигналов проводят режектирование дискретных составляющих в каждом из сигналов с последующим спектральным анализом последних и из полученных спектров сигналов выделяют долговременные спектральные составляющие, длительностью превышающие 30 с, и с амплитудой, превышающей фон на 3-6 дБ, и по данным спектральным составляющим судят о наличии течи.

Недостатком ближайшего аналога является низкая точность измерений и последующей обработки полученных акустических сигналов за счет влияния геометрии трубопровода, а также наличия в трубопроводе опор и перемычек.

Задачей, достигаемой предлагаемым изобретением, является определение степени герметичности трубопровода с запорным элементом для анализа возможности его дальнейшей эксплуатации, а также повышение качества и эффективности обнаружения мест течи трубопровода.

Технический результат, достигаемый настоящим изобретением, заключается в снижении продолжительности проведения диагностического обследования и исключении влияния геометрии трубопровода на результат, полученный при диагностическом обследовании.

Сущность изобретения состоит в том, что в способе контроля герметичности и обнаружения места течи в трубопроводе с запорным элементом, заключающемся в регистрации акустических сигналов в двух точках по длине трубопровода и последующей обработке принятых акустических сигналов, предложено регистрацию акустических сигналов осуществлять в широком ультразвуковом диапазоне в двух точках по длине трубопровода, расположенных на трубопроводе до и после запорного элемента, затем зарегистрированные в точке трубопровода до запорного элемента и в точке после запорного элемента ультразвуковые сигналы обрабатывать аналого-цифровым преобразователем и по полученным значениям строить два соответствующих точкам регистрации спектра сигналов с использованием преобразования Фурье, далее в построенных спектрах сигналов выделять диапазон от 15000 до 90000 Гц и выбирать в этом диапазоне наибольшее значение амплитуды в обоих спектрах сигналов, затем осуществлять деление амплитуд спектров сигналов в указанном частотном диапазоне на наибольшее значение амплитуды и определять разницу между спектрами сигналов до и после запорного элемента по формуле:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} |S_{2i} - S_{1i}|,$$

где S_{1i} и S_{2i} - амплитуды спектров сигналов до и после запорного элемента соответственно; i , n - номера дискретных составляющих в анализируемых участках спектра сигнала, после чего по определенным значениям делать вывод об отсутствии протечки при разнице S между спектрами сигналов менее - 100, или о наличии незначительной протечки, если разница между спектрами сигналов находится в диапазоне от - 100 до 100, или о существенной протечке при разнице между спектрами сигналов более 100.

Также предлагается ультразвуковые сигналы регистрировать с помощью датчиков акустической эмиссии.

Заявленное изобретение поясняется чертежами. На фиг. 1 представлена схема выполнения опера-

ций способа, на фиг. 2 - схемы расположения датчиков для контроля запорной арматуры, на фиг. 3 и 4 приведены спектры ультразвуковых сигналов в точках 1 и 2 двух единиц обследуемой запорной арматуры.

Предлагаемый способ осуществляется следующим образом.

На трубопровод до и после герметизирующего элемента устанавливают датчики для регистрации ультразвуковых сигналов, например датчики акустической эмиссии GT400. Точки для установки датчиков выбирают либо в верхней части сечения трубопровода, либо в боковой его части. Точки для установки датчиков в нижней части сечения трубопровода не выбирают из-за возможных искажений акустического сигнала вследствие возможного наличия различного рода отложений.

Затем осуществляют регистрацию акустических сигналов в широком ультразвуковом диапазоне. Далее зарегистрированные ультразвуковые сигналы обрабатывают аналого-цифровым преобразователем и по полученным значениям строят два соответствующих точкам регистрации спектра сигналов с использованием преобразования Фурье.

Затем в построенных спектрах сигналов выделяют диапазон от 15000 до 90000 Гц, т.к. на более низких частотах проявляются собственные колебания трубопровода, а на более высоких - ложные пики из-за особенностей работы акустического датчика.

Далее выбирают в этом диапазоне наибольшее значение амплитуды в обоих спектрах сигналов и осуществляют деление амплитуд спектров сигналов в указанном частотном диапазоне на наибольшее значение амплитуды.

Разницу между спектрами сигналов до и после запорного элемента определяют по формуле:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} |S_{2i} - S_{1i}|,$$

где S_{1i} и S_{2i} - амплитуды спектров сигналов до и после запорного элемента соответственно; i , n - номера дискретных составляющих в анализируемых участках спектра сигнала.

По полученному значению делают вывод об отсутствии протечки при разнице S между спектрами сигналов менее -100, или о наличии незначительной протечки, если разница между спектрами сигналов находится в диапазоне от -100 до 100, или о существенной протечке при разнице между спектрами сигналов более 100.

Описанный способ был использован на Нововоронежской АЭС при обследовании арматуры системы питательной воды на байпасе и на линии рециркуляции.

В соответствии с представленной на фиг. 1 схемой реализации заявленного способа, проводили измерение акустических сигналов до (п.1.1) и после (п.1.2) установленного запорного элемента. На фиг. 2 приведена схема расположения точек для выполнения измерений. Цифрами отмечены номера точек измерений: 1 и 2. Стрелкой обозначено направление движения рабочей среды.

Проводили анализ сигналов, полученных при помощи датчика акустического GT400. Регистрацию выполняли в двух точках: в точке 1 до и в точке 2 после запорного элемента 3.

Обследуемая запорная арматура (запорный элемент 3) предназначалась для перекрытия потока воды под давлением 8 МПа и при температуре 160°C.

После измерения акустических сигналов в точках 1 и 2 проводили оцифровку полученных сигналов, зарегистрированных до (п.2.1) и после (п.2.2) запорного элемента 3. После чего проводили расчет (пп.3.1 и 3.2 на фиг. 1) спектров оцифрованных сигналов, зарегистрированных до и после установленного запорного элемента 3. При расчете спектра тока задавали размер быстрого преобразования Фурье 1684, весовую функцию Hamr и усреднение 75%.

После этого проводили выделение диапазона от 20000 до 80000 Гц в спектрах оцифрованных сигналов (п.4.1 и 4.2 фиг. 1), зарегистрированных в точках 1 и 2 до и после запорного элемента 3. В выделенном диапазоне обоих спектров оцифрованных сигналов была выбрана наибольшая амплитуда.

Затем было осуществлено деление на наибольшую амплитуду спектров оцифрованных сигналов, зарегистрированных до (п.6.1) и после (п.6.2) запорного элемента 3, а далее - вычитание амплитуд нормализованных спектров оцифрованных сигналов, зарегистрированных до и после запорного элемента 3. Далее осуществляли суммирование разностей амплитуд нормализованных спектров оцифрованных сигналов, зарегистрированных до и после запорного элемента 3.

Разницу между спектрами сигналов до и после запорного элемента 3 определяли по формуле:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} |S_{2i} - S_{1i}|,$$

где S_{1i} и S_{2i} - амплитуды спектров сигналов до и после запорного элемента соответственно, i , n - номера дискретных составляющих в анализируемых участках спектра сигнала.

По полученным спектрам производили идентификацию состояния запорного элемента по суммарной разности амплитуд при условии: различие менее -100 трактуется как "отсутствие протечки", параметр в диапазоне от -100 до 100 интерпретируется как "возможна незначительная протечка", а результат более 100 означает "существенная протечка".

Спектры ультразвуковых сигналов в точках 1 и 2 двух единиц обследуемой запорной арматуры

приведены на фиг. 3 и 4. При этом на фиг. 3 представлено наложение нормированных спектров до и после запорного элемента с протечками, а на фиг. 4 - наложение спектров до и после запорного элемента без протечек. В первом случае различие спектров составило $S=759$, а во втором случае $S=-680$. Таким образом, был сделан вывод о существенной протечке в запорном органе первой единицы арматуры и отсутствии протечки второй единицы арматуры.

Предлагаемый способ может быть использован на АЭС, а также для контроля герметичности трубопроводов на предприятиях и объектах техники теплоэнергетики и других отраслей промышленности.

Использование предлагаемого способа позволяет определить степень герметичности трубопровода с запорным элементом для анализа возможности его дальнейшей эксплуатации, а также повысить качество и эффективность обнаружения мест течи трубопровода.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ контроля герметичности и обнаружения места течи в трубопроводе с запорным элементом, заключающийся в регистрации акустических сигналов в двух точках по длине трубопровода и последующей обработке принятых акустических сигналов, отличающийся тем, что регистрацию акустических сигналов осуществляют в широком ультразвуковом диапазоне в двух точках по длине трубопровода, расположенных на трубопроводе до и после запорного элемента, затем зарегистрированные в точке трубопровода до запорного элемента и в точке после запорного элемента ультразвуковые сигналы обрабатывают аналого-цифровым преобразователем и по полученным значениям строят два соответствующих точкам регистрации спектра сигналов с использованием преобразования Фурье, далее в построенных спектрах сигналов выделяют диапазон от 15000 до 90000 Гц и выбирают в этом диапазоне наибольшее значение амплитуды в обоих спектрах сигналов, затем осуществляют деление амплитуд спектров сигналов в указанном частотном диапазоне на наибольшее значение амплитуды и определяют разницу между спектрами сигналов до и после запорного элемента по формуле:

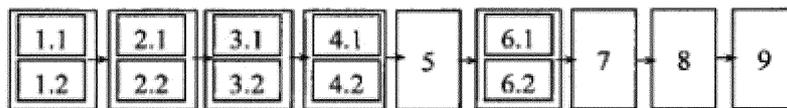
$$S = \sum_{i=1}^{n-1} |S_{2i} - S_{1i}|,$$

где S_{1i} и S_{2i} - амплитуды спектров сигналов до и после запорного элемента соответственно;

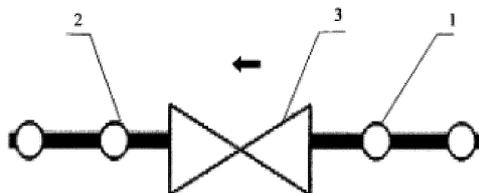
i, n - номера дискретных составляющих в анализируемых участках спектра сигнала,

после чего по определенным значениям делают вывод об отсутствии протечки при разнице S между спектрами сигналов менее -100, или о наличии незначительной протечки, если разность между спектрами сигналов находится в диапазоне от -100 до 100, или о существенной протечке при разнице между спектрами сигналов более 100.

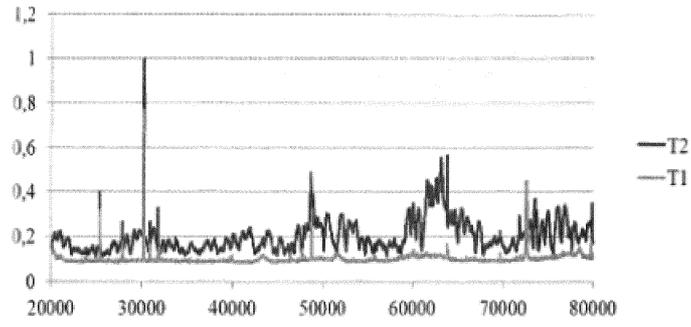
2. Способ контроля герметичности и обнаружения места течи в трубопроводе с запорным элементом по п.1, отличающийся тем, что ультразвуковые сигналы регистрируют с помощью датчиков акустической эмиссии.



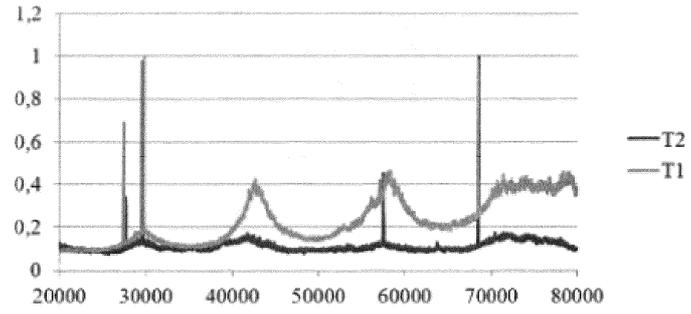
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

