

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **046322**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2024.02.28

(51) Int. Cl. **B60W 10/08** (2006.01)
F02D 43/00 (2006.01)

(21) Номер заявки
202293495

(22) Дата подачи заявки
2022.12.27

(54) **СИСТЕМА И СПОСОБ ДАТЧИКОВ**

(31) **17/570,114**

(32) **2022.01.06**

(33) **US**

(43) **2023.07.31**

(56) **US-A1-20120023932**
US-A1-20130013138
AU-A1-2015249207
US-A1-20190042960

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ТРАНСПОРТЕЙШН АйПи
ХОЛДИНГС, ЛЛС (US)

(72) Изобретатель:
Лангнесс Ченанайа, Хейд Мэттью
(US)

(74) Представитель:
Поликарпов А.В., Соколова М.В.,
Путинцев А.И., Черкас Д.А., Игнатьев
А.В., Билык А.В., Дмитриев А.В.,
Бучака С.М., Бельтюкова М.В. (RU)

(57) Система датчиков (100) может содержать виртуальные датчики (131, 132), отображающие работу различных участков (128, 130; 202, 204) материальной системы (102; 200). Виртуальные датчики (131, 132) могут получать одну или более измеренные ранее характеристики материальной системы (102; 200) и могут раздельно иметь на выходе значения, отображающие работу общего компонента (208) материальной системы (102; 200) на основе одной или более измеренных характеристик, введенных в каждый виртуальный датчик (131, 132). Контролер (112) может получать выходные значения от каждого из виртуальных датчиков и определять состояние общего компонента (208) посредством сравнения первого выходного значения со вторым выходным значением.

B1

046322

046322

B1

Уровень техники и область техники

Описанный в данном документе предмет изобретения относится к системам и способам, которые непрямым образом определяют характеристики системы, причем эти характеристики определяются не напрямую.

Описание предшествующего уровня техники

Датчики обеспечивают измерение различных характеристик в системах. Например, датчики могут измерять температуру, влажность, давление, освещенность и т.д. в различных средах. Такие датчики могут непосредственно измерять данные характеристики, например, посредством размещения непосредственно в местах измерения этих характеристик, таким образом, что датчики находятся в пределах прямой видимости относительно того места, где измеряются характеристики, и т.д. Тем не менее некоторые системы не допускают размещение датчиков в том месте, где датчики могут выполнять измерение характеристик. Например, в некоторых герметичных системах или герметичных компонентах систем датчик не может быть установлен внутри герметичных зон, или датчики не могут находиться в зоне прямой видимости внутри герметичных зон, или демонтаж системы для установки датчиков в герметичной зоне может быть дорогостоящим или затратным по времени. В результате характеристики системы в таких местах невозможно измерять посредством датчиков.

Одним из примеров такой системы, имеющей зону, в которой невозможно установить датчики, является установленная в некоторых двигателях внутреннего сгорания система рециркуляции отработавших газов (EGR). Системы EGR повторно направляют по меньшей мере часть выхлопных газов двигателя обратно в цилиндры двигателя. Системы EGR могут содержать дозирующий клапан на участке входного потока (вдоль направления, в котором выхлопные газы двигателя поступают через систему EGR в цилиндры двигателя), который управляет циркуляцией выхлопных газов двигателя внутри и через систему EGR. Выхлопные газы могут циркулировать от дозирующего клапана; через трубы, впускной коллектор и т.п. (например, один или более фильтров); а затем направляться внутрь охладителя системы EGR, который снижает температуру выхлопных газов. Так как датчики (например, которые измеряют температуру, давление, скорость выхлопных газов и т.п.) могут быть размещены на входном потоке дозирующего клапана и/или на выходном потоке охладителя, датчики не могут быть установлены на одном или более участках между дозирующим клапаном и охладителем. Это может быть следствием того, что один или более таких участков являются герметичными, требуя достаточно много временных или финансовых затрат для доступа и повторной установки, и т.п.

Измерение температуры, давления, скорости потока выхлопных газов и т.д. на входном потоке дозирующего клапана и на выходном потоке охладителя может предоставить определенную информацию о работе системы EGR. Например, измерение этих характеристик может указывать на то, что один или более компонентов системы EGR забиты частицами износа или отложениями нагара, или, в других случаях, функционирует ненадлежащим образом. Однако известные системы и способы не способны использовать характеристики, измеренные на входном потоке дозирующего клапана и на выходном потоке охладителя для точного определения, на каком участке или какой компонент системы EGR функционирует ненадлежащим образом. Было бы полезно иметь возможность считывать характеристики в других участках, которые в данный момент являются недоступными, для точного определения, в каких зонах или какие компоненты работают ненадлежащим образом.

Может быть целесообразно иметь систему и способ, отличающиеся от имеющихся в настоящее время.

Краткое описание

В одном примере представлен способ, который может содержать получение первой и второй математических моделей, дающих представление о работе соответственно первой и второй частей материальной системы. Каждая из первой математической модели и второй математической модели может иметь на выходе соответственно первое и второе выходные значения, дающие представление о работе общего компонента материальной системы, который может быть включен в оба - первый и второй - участки материальной системы. Способ также может включать ввод по меньшей мере первого входного значения по меньшей мере первой измеренной характеристики первой части материальной системы в первую математическую модель и по меньшей мере второго входного значения второй измеренной характеристики второй части материальной системы во вторую математическую модель. Способ также может включать получение первого выходного значения из первой математической модели на основе по меньшей мере первого входного значения и второго выходного значения из второй математической модели на основе по меньшей мере второго входного значения. Способ может включать определение состояния общего компонента посредством сравнения первого выходного значения из первой математической модели со вторым выходным значением из второй математической модели.

В другом примере представлена система, которая может содержать первый виртуальный датчик, дающий представление о работе первого участка материальной системы. Первый виртуальный датчик может получать одну или более первые измеренные характеристики материальной системы и может иметь на выходе первое выходное значение, отображающее работу общего компонента материальной системы на основе одной или более первых измеренных характеристик. Система может содержать вто-

рой виртуальный датчик, отображающий работу второго участка материальной системы. Второй виртуальный датчик может получать одну или более вторые измеренные характеристики материальной системы и может иметь на выходе второе выходное значение, отображающее работу общего компонента материальной системы на основе одной или более вторых измеренных характеристик. Общий компонент материальной системы может быть включен как в первый, так и во второй участок материальной системы. Система также может содержать контроллер, который может получать первое выходное значение от первого виртуального датчика и второе выходное значение от второго виртуального датчика. Контроллер может определять состояние общего компонента посредством сравнения первого выходного значения со вторым выходным значением.

В другом примере система может содержать первый датчик давления, который может измерять первое давление на входе охладителя газа системы EGR транспортного средства, датчик положения, который может определять положение клапана на входе охладителя газа, второй датчик давления, который может измерять второе давление на выходе охладителя газа, и контроллер, который может вычислять первое расчетное значение на основе комбинации первого давления, положения клапана и скорости потока выхлопных газов через клапан. Контроллер может вычислять второе расчетное значение на основе второго давления и значения производительности охладителя газа. Контроллер может определять состояние EGR посредством сравнения первого расчетного значения со вторым расчетным значением.

Краткое описание графических материалов

Предмет изобретения может быть понятен из нижеследующего описания не ограничивающих вариантов реализации изобретения со ссылкой на прилагаемые графические материалы, на которых представлено следующее.

Фиг. 1 показывает иллюстративный вариант реализации системы датчиков, которая может быть использована для контроля состояния работы материальной системы.

Фиг. 2 схематически иллюстрирует материальную систему и участки входного потока и выходного потока материальной системы.

Фиг. 3 иллюстрирует блок-схему одного из примеров способа для контроля работы материальной системы.

Подробное описание изобретения

Варианты реализации предмета изобретения, описанные в данном документе, относятся к системам датчиков и способам, которые используют различные источники данных в сочетании с моделями, основанными на физических уравнениях двигателя, для создания и обучения виртуальной модели системы. Например, к источникам данных могут относиться расход материала, данные неисправностей управления, устройство для записи продолжительной работы двигателя и т.п. Подходящие модели, основанные на физических уравнениях двигателя, могут содержать разность давления между клапанами. В одном варианте реализации изобретения данная разность давлений может существовать между дозирующим клапаном и теплообменником. Подходящим дозирующим клапаном может быть дозирующий клапан системы EGR, обычно называемый клапан системы EGR. Подходящим теплообменником может быть радиатор системы EGR, который также может называться охладителем.

Системы и способы датчиков, описанные в данном документе, могут представлять виртуальный датчик в области, в которой невозможно разместить физический (т.е. материальный) датчик, или размещение датчика в заданной области может вызывать значительные временные или финансовые затраты. В одном варианте реализации изобретения виртуальный датчик может предоставлять выходные сигналы, которые позволяют определять виды неисправностей комплексной системы или могут помочь в диагностике или прогнозировании условий работы системы.

Системы и способы датчиков могут использовать математические модели, которые отображают работу различных участков, областей или сегментов материальной системы. В проиллюстрированных вариантах реализации изобретения материальная система будет рассмотрена и описана как система рециркуляции отработавших газов (EGR), которая установлена в транспортном средстве. Каждая из моделей по отдельности может иметь на выходе (т.е. использоваться одним или более процессорами для вычисления) соответствующее значение входного потока или второе выходное значение. Эти выходные значения отображают работу общего компонента материальной системы, который может быть включен как в первый участок входного потока, так и во второй участок материальной системы. Например, один участок материальной системы может содержать и проходить от входной части дозирующего клапана (называемого также клапан системы EGR) системы EGR к расположению в трубопроводах между дозирующим клапаном и охладителем системы EGR. Другой участок материальной системы может содержать и проходить от такого же расположения в трубопроводах между дозирующим клапаном и охладителем системы EGR к выходу охладителя системы рециркуляции отработавших газов (EGR). Место в трубопроводе между дозирующим клапаном и охладителем системы EGR может не иметь ни одного датчика (т.е. не иметь датчика давления) в этом трубопроводе, который измеряет давление выхлопных газов (или другие характеристики, например температуру).

Один или более материальных датчиков могут измерять характеристики системы EGR в различных областях в качестве входных значений, которые впоследствии предоставляются вместе с входными зна-

чениями в математические модели в качестве значений переменных моделей для вычисления других характеристик системы EGR. Одна модель может называться моделью входного потока, а другая модель может называться моделью выходного потока. Модель входного потока отображает работу системы в одном или более местах входного потока или областях, находящихся перед одним или более областями выходного потока, или областями вдоль направления, в котором текущая среда (т.е. газ) циркулирует через систему. Первое входное значение входного потока может представлять собой первое давление, которое может быть измерено в области входного потока, являющееся входным потоком охладителя. Данная область входного потока может быть доступна для установки материальных датчиков, например, в области, которая может находиться на или на входном потоке дозирующего клапана перед охладителем системы EGR (т.е. в направлении, в котором поток выхлопных газов движется в сторону устройства охладителя). Второе входное значение входного потока может представлять собой положение или состояние дозирующего клапана. Это второе входное значение входного потока может быть определено другим материальным датчиком или предоставлено дозирующим клапаном (например, в качестве выходного значения от дозирующего клапана). Третье входное значение входного потока может представлять собой скорость потока выхлопных газов через дозирующий клапан. Это третье входное значение входного потока может быть измерено (или, к примеру, определено за счет положения дозирующего клапана) другим материальным датчиком.

Измеренное давление входного потока, положение клапана и/или поток выхлопных газов через дозирующий клапан могут представлять собой входные значения входного потока, которые вводятся в математическую модель входного потока в качестве значений переменных для вычисления (например, с использованием модели входного потока) другого давления внутри или в области, которая может быть недоступной для материальных датчиков (например, данная область может находиться между дозирующим клапаном и охладителем). Это давление может быть названо расчетной характеристикой входного потока или смоделированным давлением входного потока.

Давление выходного потока может быть измерено в области выходного потока, которое может представлять собой выходной поток охладителя системы EGR. Дополнительно или в качестве альтернативы, может быть определено значение производительности охладителя системы EGR. Значение производительности может быть значением, вводимым пользователем, или может быть вычислено на основе срока службы охладителя, величиной температуры выхлопных газов между дозирующим клапаном и выходным потоком охладителя, и т.д. Измеренное давление выходного потока, и/или значение производительности, положение клапана, и/или поток выхлопных газов через дозирующий клапан могут представлять собой входные значения выходного потока, которые вводятся в математическую модель выходного потока в качестве значений переменных для вычисления (например, с использованием модели выходного потока) другого давления внутри или в области, которая может быть недоступной для материальных датчиков (например, данная область может находиться между дозирующим клапаном и охладителем). Данное давление может быть названо расчетной характеристикой выходного потока или смоделированным давлением выходного потока.

Каждая по отдельности - модели входного потока и выходного потока - могут содержать переменные, независимые от другой модели. Например, значение переменной на выходе модели входного потока может не меняться, если меняется входное значение для модели выходного потока, а значение переменной на выходе модели выходного потока может не меняться, если меняется входное значение модели входного потока.

Затем два выходных значения от разных математических моделей входного потока и выходного потока (например, давления, вычисленные в области между дозирующим клапаном и охладителем) могут сравниваться для определения состояния или режима работы компонентов системы EGR непосредственно или рядом с той же областью, например, для определения состояния или режима работы устройства охладителя системы EGR, как описано в данном документе. Затем система и способ датчиков могут изменять работу одного или более участков материальной системы, участка входного потока материальной системы, участка выходного потока материальной системы, или общего компонента на основе определенного ранее состояния общего компонента.

Модели компонента могут отображать известные или измеренные динамические характеристики исправных клапанов, которые функционируют надлежащим образом. Подходящими моделями могут быть линейные модели тенденции образования нагара в охладителе системы EGR. Компонент моделируется для построения рабочей модели, которая опирается по меньшей мере частично на режим работы двигателя, срок службы охладителя системы EGR, а также тип дозирующего клапана системы EGR. Для построения рабочей модели ожидаемого падения давления через дозирующий клапан, измеряются падения давления через клапаны, которые заведомо работают как ожидается (например, исправные), а затем применяется на подмножестве систем для получения рабочей модели падения давления через охладитель системы EGR, разработанной на основе смоделированных давлений исправных клапанов. Затем модели, разработанные на основе исправных клапанов и нормального образования отложений в охладителе системы EGR, предоставляют независимый виртуальный датчик давления между дозирующим клапаном системы EGR и охладителем системы EGR. Одна модель (например, модель входного потока) может

отображать работу системы EGR в области входного потока (например, входного потока охладителя системы EGR), а другая модель (например, модель выходного потока) может отображать работу системы EGR в области выходного потока (например, выходного потока из охладителя системы EGR). Так как соотношение выходных значений моделей входного потока и выходного потока изменяются, это изменение указывает на то, что либо модель падения давления через охладитель неверно определила падение давления или падение давления через модель входного потока клапана может иметь смещение. Это позволяет диагностировать неисправности в промежутке между дозирующим клапаном системы EGR и охладителем системы EGR.

Состояние общего компонента может быть определено как неидеальное состояние или неисправное состояние, когда соотношение значений на выходе моделей входного потока и выходного потока превышают установленное пороговое значение (или в другом варианте реализации изобретения могут быть не выше, чем установленное пороговое значение). Состояние общего компонента может быть определено как идеальное состояние с учетом того, что соотношение не превысило установленное пороговое значение (или в другом варианте реализации изобретения превысило установленное пороговое значение).

Альтернативные способы определения режимов отказа и задержки включают использование данных об отказах и аварийных ситуациях для идентификации того, существуют ли проблемы с системой (например, дозирующим клапаном или охладителем системы EGR), и обрабатывают этапы процесса устранения отказов для определения неисправного компонента. Обычно эксперт в данной системе должен брать за основу данные, которые используются в модели для принятия правильного решения о неисправном компоненте, однако это может произойти уже после отказа. Могут быть разработаны альтернативные типы моделей с использованием классификации входных сигналов на основе известных, обозначенных как неисправности для построения модели классификации, однако они могут иметь недостатки прогностических возможностей по сравнению с системами и способами, описанными в данном документе.

Для разработки моделей входного потока и выходного потока (которые могут быть названы виртуальные модели) между дозирующим клапаном системы EGR и охладителем системы EGR, могут быть собраны данные для исправных клапанов, и охладителей для различных типов клапанов, и охладителей. Эти данные могут быть измеренными ранее падениями давления. Текущая конфигурация содержит два поколения клапанов от двух разных поставщиков охладителей, таким образом может быть получено четыре разных набора данных. Некоторые типы режимов отказа могут наблюдаться только на одном поколении клапана, а другие возникают только после определенного срока службы, таким образом, в модели может рассматриваться и приниматься во внимание срок службы деталей. Как только эти данные режима обучения будут идентифицированы, модели могут быть обучены посредством ввода измеренного падения давления через дозирующий клапан в одной модели и расчетных выходных данных из другой модели. Другая модель образования отложений в охладителе системы EGR может быть разработана с использованием эксплуатационных данных (например, данных за целый год) работы охладителя системы EGR. Модели могут быть скомбинированы для определения того, существуют ли отличия режимов отказа между этими двумя моделями.

Разработка и применение данной системы и способа датчиков обеспечивают возможность для прогностической модели, которая будет идентифицировать различия в режимах отказа дозирующего клапана системы EGR. Это позволит предотвратить неисправности на дорогах, а также снизить излишнее использование запчастей (например, посредством предотвращения замены исправных клапанов).

Фиг. 1 показывает иллюстративный вариант реализации системы 100 датчиков, которая может быть использована контроля состояния работы материальной системы 102. Материальная система может отображать по меньшей мере участок силовой установки транспортного средства. Например, материальная система может отображать систему EGR транспортного средства, которая повторно направляет по меньшей мере часть выхлопных газов из двигателя 104 транспортного средства обратно в двигатель. Обязательно двигатель, показанный на фиг. 1, может отображать всю или часть силовой установки транспортного средства. Система EGR содержит несколько трубопроводов 106, которые соединяют по текучей среде выпуск, или трубопровод 108 выхлопных газов двигателя, с дозирующим клапаном 110. Дозирующий клапан открывается и закрывается для изменения угла положения под управлением контроллера 112 для управления скоростью, с которой выхлопные газы из цилиндров 114 двигателя вытекают из трубопровода выхлопных газов и попадают внутрь охладителя газа или охладителя 116 системы EGR через трубопровод. Охладитель системы EGR может снижать температуру выхлопных газов, протекающих через и наружу из охладителя системы EGR в устройство 118 смесителя системы EGR. Устройство смесителя может смешивать выхлопные газы, выходящие из охладителя системы EGR с дополнительным воздухом из устройства охладителя воздуха за компрессором 120. Смесь выхлопных газов и воздуха может быть направлена обратно в один или более цилиндры двигателя через обходной клапан 122 системы EGR. Обходной клапан может управляться посредством контроллера для изменения положения и изменения скорости смеси, поступающей в цилиндры.

Контроллер может представлять собой схему аппаратного обеспечения, которая содержит и/или может быть подключена к одному или более процессорам (например, микропроцессорам, программируемой логической интегральной схеме, интегральной схеме и т.д.), которые выполняют функции, опи-

санные в данном документе в отношении контроллера. Система с датчиками может содержать множество материальных датчиков, например, датчик 124 давления входного потока, расположенный внутри или вдоль трубопровода входного потока дозирующего клапана и выходного потока из двигателя и трубопровода выхлопных газов, второй датчик 126 давления, расположенный внутри или вдоль трубопровода выходного потока охладителя системы рециркуляции EGR и выходного потока из устройства смесителя системы EGR и двигателя, и датчик 136 клапана на или рядом с дозирующим клапаном. Датчик клапана может измерять положения клапана, а именно 0% открытия (например, блокируется поток выхлопных газов через клапан), 50% открытия (например, обеспечивается протекание половины выхлопных газов через клапан), 100% открытия (например, обеспечивается прохождение всего потока выхлопных газов через клапан) и т.п. Необязательно клапан датчика может измерять поток выхлопных газов через клапан. В альтернативном варианте датчик 136 может представлять собой множество датчиков, например, первый датчик, который измеряет положение клапана, и второй датчик, который измеряет скорость, с которой выхлопные газы протекают внутрь или через дозирующий клапан.

В одном варианте реализации изобретения контроллер может иметь систему сбора локальных данных, которая может использовать машинное обучение для обеспечения результатов обучения на основе деривации. Контроллер может обучаться и принимать решения на основе набора данных (включая данные, предоставленные различными датчиками), делая прогнозы на основе данных и адаптируясь в соответствии с набором данных. В вариантах реализации изобретения машинное обучение может включать в себя выполнение множества задач машинного обучения системами машинного обучения, таких как контролируемое обучение, неконтролируемое обучение и обучение с подкреплением. Контролируемое обучение может содержать представление набора примеров входных данных и желаемых выходных данных для систем машинного обучения. Неконтролируемое обучение может содержать алгоритм обучения, структурирующий свои входные данные с помощью таких методов, как обнаружение шаблонов и/или обучение представлением. Обучение с подкреплением может содержать системы машинного обучения, работающие в динамической среде, а затем обеспечивающие предоставление отчета о правильных и неправильных решениях. Например, машинное обучение может содержать множество других задач на основе выходных данных системы машинного обучения. Например, такими задачами могут быть задачи машинного обучения, такие как классификация, регрессия, кластеризация, оценка плотности, уменьшение размерности, обнаружение аномалий и т.п. Например, машинное обучение может содержать множество математических и статистических методов. Например, многие типы алгоритмов машинного обучения могут содержать обучение на основе дерева решений, изучение ассоциативных правил, глубокое обучение, искусственные нейронные сети, алгоритмы генетического обучения, индуктивное логическое программирование, машины опорных векторов (SVM), байесовскую сеть, обучение с подкреплением, обучение представлением, машинное обучение на основе правил, изучение разреженного словаря, обучение по сходству и метрике, системы классификаторов обучения (LCS), логистическая регрессия, случайный лес, K-средние, повышение градиента, K-ближайшие соседи (KNN), априорные алгоритмы и т.п. В вариантах реализации изобретения могут использоваться определенные алгоритмы машинного обучения (например, как для решения задач оптимизации с ограничениями, так и без ограничений, которые могут быть основаны на естественном выборе). Например, алгоритм может использоваться для решения проблем смешанного целочисленного программирования, где некоторые компоненты ограничены целочисленными значениями. Алгоритмы, методы и системы машинного обучения могут использоваться в системах вычислительного интеллекта, компьютерном зрении, обработке естественного языка (NLP), рекомендательных системах, обучении с подкреплением, построении графических моделей и т.п. Например, машинное обучение может использоваться для анализа производительности и поведения транспортного средства и т.п.

В одном варианте реализации изобретения контроллер может содержать механизм политики, который может применять одну или несколько политик. Эти политики могут быть основаны по меньшей мере частично на характеристиках данного элемента оборудования или окружающей среды. В соответствии с политиками управления, нейронная сеть может принимать входные данные ряда параметров окружающей среды и задач. Эти параметры могут содержать идентификацию определенного плана поездки для группы транспортных средств, данные от различных датчиков и данные о местоположении, и/или положении. Нейронная сеть может быть обучена генерировать выходные данные на основе этих входных данных, вместе с выходными данными, представляющими собой действие или последовательность действий, которые группа транспортных средств должна предпринять для выполнения плана поездки. Во время работы одного варианта реализации изобретения определение может происходить путем обработки входных данных с помощью параметров нейронной сети для генерирования значения в выходном узле, обозначающего это действие как желаемое действие. Это действие может трансформироваться в сигнал, который заставляет транспортное средство работать. Это может быть достигнуто с помощью процессов обратного распространения, прямой связи, обратной связи с замкнутым контуром или обратной связи с разомкнутым контуром. В альтернативном варианте вместо использования обратного распространения, система машинного обучения контроллера может использовать методы стратегий эволюции для настройки различных параметров искусственной нейронной сети. Контроллер может использовать

архитектуру нейронной сети с функциями, которые не всегда могут быть решены с помощью обратного распространения, например, функции, которые не являются выпуклыми. В одном варианте реализации изобретения нейронная сеть имеет набор параметров, представляющих веса соединений ее узлов. Генерируется несколько копий этой сети, затем вносятся различные коррективы в параметры и выполняется моделирование. После получения выходных данных из различных моделей их можно оценить по их производительности с использованием определенной метрики успеха. Выбирается лучшая модель, и контроллер транспортного средства выполняет этот план для получения желаемых входных данных, чтобы отразить прогнозируемый сценарий наилучшего результата. Кроме того, метрика успеха может представлять собой комбинацию оптимизированных результатов, которые можно взвешивать относительно друг друга.

Материальная система может быть логически разделена на разные участки, например на участок 128 входного потока, содержащий дозирующий клапан, и второй участок 130, содержащий охладитель системы EGR. Например, участок входного потока может содержать по меньшей мере часть трубопроводов, проходящих от трубопровода выхлопных газов к дозирующему клапану, и дозирующий клапан, а второй участок может содержать один или более трубопроводов, проходящих от охладителя системы EGR к смесителю системы EGR, и необязательно охладитель системы EGR. Местоположения или области между этими участками могут не содержать никаких датчиков или могут быть не приспособлены для удобного добавления датчиков (например, без демонтажа по меньшей мере части системы EGR).

Несмотря на то что описанная в данном документе материальная система является системой EGR, другие материальные системы в других вариантах реализации изобретения могут содержать первый участок с определенными измеряемыми физическими свойствами или характеристиками, второй участок, имеющий определенные измеряемые физические свойства или характеристики, промежуточный компонент или общую область между первым участком и вторым участком, такие, что физическое поведение первого и второго участка воздействуют на общий компонент. Общий компонент может быть физическим компонентом, который является частью материальной системы, например, клапан выхлопных газов в двигателе внутреннего сгорания.

Фиг. 2 схематически иллюстрирует материальную систему 200 и участок входного потока, и вторые участки 202, 204 материальной системы. Материальная система, проиллюстрированная на фиг. 2, представляет собой по меньшей мере часть системы EGR. Участок входного потока, проиллюстрированный на фиг. 2, отображает участок входного потока системы EGR, проиллюстрированной на фиг. 1, а второй участок, проиллюстрированный на фиг. 2 отображает второй участок системы EGR, проиллюстрированной на фиг. 1. Промежуточный участок 206 материальной системы, проиллюстрированной на фиг. 2, отображает участки системы рециркуляции EGR, которые являются продолжением выходного потока от дозирующего клапана, и продолжением выходного потока от выхода охладителя системы рециркуляции EGR. В альтернативном варианте различные участки могут отображать различные сегменты системы другого типа, при этом датчики могут размещаться внутри входного потока и второго участка, но не внутри промежуточного участка.

Работа входного потока, второго и промежуточного участков материальной системы могут зависеть друг от друга. Например, текучая среда (например, выхлопные газы, воздух, жидкость и т.д.) могут протекать через участок входного потока, затем через промежуточный участок, а затем через второй участок. Если меняется температура, давление, скорость потока, химический состав и т.п. текучей среды в участке входного потока, то эти изменения могут воздействовать на такие же или другие характеристики (например, температуру, давление, скорость потока, химический состав и т.п.) текучей среды в промежуточном участке и/или во втором участке. Такое изменение характеристик могут отражаться на работе одного или более компонентов промежуточного участка. Однако, так как датчик может быть размещен вне промежуточного участка, характеристики текучей среды внутри промежуточного участка могут быть неизвестны или не измерены. Система и способы датчиков, описанные в данном документе, могут использовать модели, которые коррелируют или связывают измеренные характеристики внутри или вблизи входного потока и вторых участков посредством материального датчика с характеристиками промежуточного участка.

Например, виртуальный датчик входного потока может отображать и/или реализовывать математическую модель 131 входного потока (проиллюстрированную на фиг. 1), которая может использоваться контроллером для вычисления одного или более выходных значений. Второй виртуальный датчик может отображать и/или реализовывать другую математическую модель 132 (проиллюстрированную на фиг. 1), которая может использоваться контроллером для вычисления одного или более выходных значений. Эти модели могут быть сохранены на материальном и постоянном машиночитаемом носителе 134 (проиллюстрированном на фиг. 1), например жестком диске компьютера, сервера, съемном диске и т.п. Контроллер может принимать на входе одно или более значений (например, входных значений) в каждую из моделей и использовать каждую модель для вычисления одного или более выходных значений. Входные значения могут быть предоставлены одним или более действующим материальным датчиком, например датчиками 124, 126, 136, как описано выше.

Модель входного потока может получать измеренное давление на входном потоке дозирующего

клапана (например, посредством датчика 124 давления входного потока), состояние или положение дозирующего клапана (например, в виде выходного значения от клапана или измеренное датчиком 136 клапана), и/или поток выхлопных газов внутри или через дозирующий клапан (например, измеренный датчиком давления входного потока, или полученный на основе положения клапана посредством датчика клапана) в качестве входных значений. Модель выходного потока может получать измеренное давление выходного потока охладителя системы EGR и/или значение производительности охладителя в качестве входных значений. Каждая модель может использоваться (например, контроллером) для вычисления одинаковых или отличающихся расчетных значений давления с использованием различных входных значений. Затем расчетные значения давления могут сравниваться для определения состояния или режима работы одного или более компонентов системы EGR, например, охладителя системы EGR.

Например, выходные значения моделей могут отображать работу или состояние одних и тех же областей или компонентов в материальной системе. Выходные значения модели входного потока могут отображать расчетное давление или падение давления, существующее в области или местоположении 206 внутри промежуточной области или участка. Это давление или падение давления может быть вычислено с использованием модели входного потока и соответствующих входных значений. Выходные значения модели выходного потока могут отображать расчетное давление или падение давления, существующее в той же области или местоположении внутри промежуточной области или участка. Это давление или падение давления может быть вычислено с использованием модели выходного потока и соответствующих входных значений. Состояние одного или более компонентов внутри промежуточной области может быть определено на основе этих выходных значений. Например, если выходные значения сходятся (например, выходные значения близки друг к другу или одинаковы), состояние компонента или компонентов внутри промежуточного участка может быть определено как первое состояние (например, исправное состояние или состояние, при котором компоненты работают как ожидается). И наоборот, если выходные значения расходятся (например, выходные значения отдалены друг от друга или разница между ними увеличивается), состояние компонента или компонентов внутри промежуточного участка может быть определено как отличающееся второе состояние (например, неисправное состояние или состояние, при котором компоненты работают не как ожидается).

Например, виртуальный датчик входного потока может являться математической моделью входного потока, которая получает измеренное давление входного потока или давление на дозирующем клапане (или в другом месте входного потока охладителя), состояние или положение дозирующего клапана, и/или скорость потока выхлопных газов через или внутри дозирующего клапана. Контроллер может принимать на вход эти измерения внутри виртуального датчика входного потока для получения на выходе первого выходного значения в качестве смоделированного значения давления входного потока на общем компоненте 208 в промежуточной области или участке материальной системы. Например, виртуальный датчик входного потока может быть выполнен с возможностью получения на выходе первое выходное значение в качестве давления или падения давления в промежуточной области или участке, или другом местоположении системы регенерации выхлопных газов двигателя внутреннего сгорания. Математическая модель входного потока виртуального датчика входного потока имеет по меньшей мере одну переменную, которая может быть независимой от другой математической модели выходного потока, и может быть измеренным давлением на входном потоке дозирующего клапана, положением дозирующего клапана, и/или скоростью потока выхлопных газов.

Контроллер может получать измеренное давление выходного потока или падение давления от материального датчика давления выходного потока и/или значение производительности охладителя и вводить эти значения в математическую модель выходного потока. Выходное значение из модели выходного потока может отображать давление или падение давления в промежуточной области или участке, или другом местоположении в системе регенерации выхлопных газов двигателя внутреннего сгорания. Не обязательно третий или один, или более дополнительных виртуальных датчиков могут использоваться для получения измеренных значений или выходных значений других моделей. Третий виртуальный датчик может иметь на выходе значение, указывающее на состояние общего компонента внутри промежуточной области, на основе сравнения между собой выходных значений из двух или более моделей (например, моделей входного потока и выходного потока).

Контроллер может получать выходные значения из моделей и сравнивать выходные значения посредством вычисления соотношения значений. Затем контроллер может определять состояние или режим работы промежуточного участка материальной системы (или компонента внутри участка) на основе соотношения или разницы между выходными значениями. Если значение соотношения увеличивается выше единицы или значение уменьшается меньше единицы, или если разница между выходными значениями увеличивается выше нуля или уменьшается меньше нуля, контроллер определяет, что состояние или режим работы промежуточного участка (или компонента в этом участке) материальной системы ухудшается. И наоборот, если соотношение приближается к единице или если разница приближается к нулю, контроллер определяет, что состояние или режим работы промежуточного участка (или компонента в этом участке) материальной системы приближается к или находится в ожидаемом режиме работы или состоянии.

Контроллер может выполнять функцию третьего виртуального датчика посредством определения состояния или режима работы промежуточного участка материальной системы без прямого измерения характеристик промежуточного участка материальной системы. Например, вместо наличия материального датчика, расположенного внутри промежуточного участка материальной системы, контроллер может считывать или определять состояние промежуточного участка не напрямую посредством сравнения выходных значений из математических моделей.

Контроллер может изменять работу материальной системы на основе определенного ранее состояния. Например, контроллер может снижать производительность двигателя, может деактивировать или отключать двигатель, может изменять положение дозирующего клапана (например, для предотвращения или снижения количества выхлопных газов, которые могут быть направлены в охладитель), может изменять положение обходного клапана (например, для предотвращения или снижения количества выхлопных газов, которые могут быть направлены в охладитель) и т.п. с учетом соотношения выходных значений, отклоняющихся от значения, равного единице, или разницы между выходными значениями, отклоняющимися от значения, равного нулю. Например, с учетом соотношения, увеличивающегося выше порогового значения, соотношения, уменьшающегося ниже другого порогового значения, разницы, увеличивающейся выше другого порогового значения, и/или разницы, уменьшающейся до другого порогового значения, контроллер может автоматически применять одно или более ответных действий для изменения работы материальной системы.

Не все варианты реализации систем и способов, описанных в данном документе, ограничиваются системами EGR или измерением давлений. Один или более вариантов реализации изобретения может использоваться для измерения других характеристик, например температуры, вибраций, электрических параметров (например, напряжения, состояния зарядки и т.д.) и т.п., которые вместе с характеристиками, вводимыми в различные модели, и выходными значениями моделей сравниваются друг с другом для определения состояния или режима работы системы. В качестве одного примера первый материальный датчик может измерять напряжение, форму волны напряжения, силу тока и т.п. для электрических устройств (например, двигателя, генератора, генератора и т.п.), а второй материальный датчик может измерять температуру, момент двигателя, вибрацию и т.п. для таких же электрических устройств. Эти различные измерения могут быть введены в различные модели (как описано в данном документе) для вычисления различных выходных значений и сравниваться с выходными значениями для оценки или определения состояния электрического устройства.

Фиг. 3 иллюстрирует блок-схему одного из примеров способа 300 для контроля работы материальной системы. Блок-схема способа может отображать операции, выполняемые системой датчиков, описанной в данном документе, например, операции, выполняемые контроллером. На этапе 302 получены математические модели различных участков материальной системы. Эти модели могут отличаться друг от друга. Например, каждая из моделей может полагаться, зависеть или получать переменные, независимые или отличающиеся от другой модели или моделей. В соответствии с примером, проиллюстрированным на фиг. 1, одна модель может представлять собой модель входного потока, которая может получать давление, измеренное датчиком входного потока от дозирующего клапана в качестве переменной для модели входного потока, тогда как другая модель выходного потока может получать давление, измеренное датчиком, которое может являться выходным потоком из охладителя, в качестве переменной для этой модели выходного потока. Модели могут быть получены из компьютерной памяти и могут быть созданы из математических уравнений, относящихся к предварительно измеренным, эмпирическим данным, или другой информации, или аналогичной материальной системе.

На этапе 304 получены входные значения. Эти входные значения могут представлять собой характеристики материальной системы, измеренные одним или более материальными датчиками в или рядом с материальной системой, и/или которые поступают на вход контроллера. В одном примере входные значения измеряются и поступают на выход посредством различных материальных датчиков, расположенных в различных областях внутри или рядом с материальной системой. В другом примере входные значения измеряются и поступают на выход посредством различных датчиков, расположенных в тех же областях внутри или рядом с материальной системой. В другом примере входные значения измеряются и поступают на выход посредством таких же датчиков, однако измеряются в других областях материальной системы. Входные значения могут быть измерены материальным датчиком или датчиками, например одним или более датчиками, которые могут быть зафиксированы, установлены или удерживаться иным образом (например, в отличие от виртуального датчика, который может быть одним или более математическими уравнениями, например, в математической модели).

На этапе 306 входные значения (например, полученные на этапе 304) предоставлены в математические модели. Например, контроллер может вводить входные значения в различные математические модели. Как описано выше, эти модели могут отображать поведение или работу различных сегментов материальной системы. Модели могут отличаться тем, что каждая модель может зависеть или в противном случае основываться на различных переменных, например одной или более характеристиках материальной системы, измеренных в разных областях, разными датчиками и т.п.

На этапе 308 получены выходные данные математической модели. Например, контроллер может

вычислять выходные значения с использованием каждой модели по отдельности, в которую предоставлено входное значение (например, на этапе 306). Выходные значения могут быть вычислены с использованием моделей, основанных на входных значениях, которые вводятся в эти модели. На этапе 310 может быть определено состояние участка материальной системы на основе выходных значений, полученных из моделей. Контроллер может сравнить выходные значения из моделей для определения состояния или режима работы участка или сегмента материальной системы. Участок или сегмент материальной системы может отличаться от участков или сегментов материальной системы, в которой ранее были измерены входные значения. Например, участок или сегмент, для которого может быть определено состояние или режим работы, может быть недоступным для материальных датчиков (или может быть доступным после демонтажа или разборки материальной системы). Состояние или режим работы может быть определен на основе соотношения или разницы между выходными значениями, как описано выше. В ответ на определенное состояние или режима работы контроллер может реализовать одно или более ответных действий, например отключение или деактивацию материальной системы, изменение состояния клапана и т.п., как описано выше.

Например, определенное ранее состояние или режим работы могут указывать на износ одного или более клапанов, описанных в данном документе, например износ шлица, который соединяет пластину механизма типа "бабочка" с приводом клапана, износ втулки на валу клапана и т.д. Такой износ может привести к отличиям между переданным положением клапана и актуальным положением клапана. Относительное смещение положений между переданным и актуальным может привести к отличиям, обнаруживаемым системами и способами, описанными в данном документе. В этом последнем случае смещение может привести к протеканию масла со стороны привода к пластине механизма типа "бабочка".

Применяя один или более вариантов реализации изобретения, может использоваться множество источников данных (расход материала, данные неисправности управления, устройство для записи продолжительной работы двигателя) в сочетании с моделями, основанными на физических уравнениях двигателя, для разработки виртуальной модели давления между дозирующим клапаном системы EGR и охладителем системы EGR. Полученный в результате виртуальный датчик давления позволяет определять режимы отказа на основе ожидаемого положения клапана и ожидаемого обратного давления охладителя системы EGR.

Виртуальный датчик может быть создан с использованием известных динамических характеристик исправных клапанов и посредством линейной модели образования отложений в охладителе системы EGR для построения модели, которая полагается на режимы работы двигателя и срок службы охладителя системы EGR и дозирующего клапана системы рециркуляции отработавших газов (EGR). Для построения модели исправного падения давления через клапан в качестве заменителя может быть использован обходной клапан системы EGR. Она содержит измерение давления с обеих сторон клапана. Затем модель, разработанная для исправных клапанов, применяется на подмножестве, что позволит разработать модель падения давления через охладитель системы EGR. Затем эти модели предоставляют независимый виртуальный датчик давления между дозирующим клапаном системы EGR и охладителем системы EGR. Соотношение этих двух изменений указывает на то, что либо модель охладителя системы EGR неправильно предсказала давление, либо модель падения давления через дозирующий клапан имеет отклонения. Это позволяет диагностировать или предугадывать падение производительности или неисправность на участке между дозирующим клапаном системы EGR и охладителем системы EGR.

Варианты реализации предмета изобретения, описанные в данном документе, могут применяться к различным физическим системам, имеющим взаимодействующие компоненты, вокруг которых можно построить модели, основанные на физических уравнениях двигателя, таким образом позволяя системам и способам настоящего изобретения идентифицировать, когда модели отклоняются от их соответствующих ожидаемых значений и идентифицировать физические причины, приводящие к таким отклонениям.

В одном примере предоставлен способ, который может содержать получение первой и второй математических моделей, дающих представление о работе соответственно первой и второй частей материальной системы. Каждая из первой математической модели и второй математической модели может иметь на выходе соответственно первое и второе выходные значения, дающие представление о работе общего компонента материальной системы, которое может быть включено как в первый, так и во второй участки материальной системы. Способ также может включать ввод по меньшей мере первого входного значения по меньшей мере первой измеренной характеристики первой части материальной системы в первую математическую модель и по меньшей мере второго входного значения второй измеренной характеристики второй части материальной системы во вторую математическую модель. Способ также может включать получение первого выходного значения из первой математической модели на основе по меньшей мере первого входного значения и второго выходного значения из второй математической модели на основе по меньшей мере второго входного значения. Способ может включать определение состояния общего компонента посредством сравнения первого выходного значения из первой математической модели со вторым выходным значением из второй математической модели.

Способ необязательно также может включать изменение работы первого участка материальной системы, второго участка материальной системы и/или общего компонента на основе определенного ранее

состояния общего компонента. Каждая из первой математической модели и второй математической модели могут содержать переменные, независимые от других второй математической модели или первой математической модели. Состояние общего компонента может быть определено как неидеальное состояние, с учетом того, что соотношение первого выходного значения и второго выходного значения превысило установленное пороговое значение. Состояние общего компонента может быть определено как идеальное состояние с учетом того, что соотношение первого выходного значения и второго выходного значения не превысило установленное пороговое значение.

Первая математическая модель может отображать первое падение давления через первый участок материальной системы, а вторая математическая модель может отображать второе падение давления через второй участок материальной системы. Первая математическая модель может иметь на выходе первое выходное значение в качестве первого смоделированного значения давления на общем компоненте материальной системы. Вторая математическая модель может иметь на выходе второе выходное значение в качестве второго смоделированного значения давления на общем компоненте материальной системы.

Материальная система может содержать силовую установку транспортного средства, первый участок материальной системы может содержать дозирующий клапан, а второй участок материальной системы может содержать охладитель газа транспортного средства. Первая математическая модель может иметь на выходе первое выходное значение в качестве первого падения давления через дозирующий клапан, а вторая математическая модель может иметь на выходе второе выходное значение в качестве второго падения давления через охладитель газа.

В другом примере предоставлена система, которая может содержать первый виртуальный датчик, дающий представление о работе первого участка материальной системы. Первый виртуальный датчик может получать одну или более первых измеренных характеристики материальной системы и может иметь на выходе первое выходное значение, отображающее работу общего компонента материальной системы на основе одной или более первых измеренных характеристик. Система может содержать второй виртуальный датчик, отображающий работу второго участка материальной системы. Второй виртуальный датчик может получать одну или более вторых измеренных характеристики материальной системы и может иметь на выходе второе выходное значение, отображающее работу общего компонента материальной системы на основе одной или более вторых измеренных характеристик. Общий компонент материальной системы может быть включен как в первый, так и во второй участок материальной системы. Система также может содержать контроллер, который может получать первое выходное значение от первого виртуального датчика и второе выходное значение от второго виртуального датчика. Контроллер может определять состояние общего компонента посредством сравнения первого выходного значения со вторым выходным значением.

Контроллер может изменять работу первого участка материальной системы, второго участка материальной системы и/или общего компонента на основе определенного ранее состояния общего компонента. Первый виртуальный датчик может отображать первую математическую модель работы первого участка материальной системы, второй виртуальный датчик может отображать вторую математическую модель работы второго участка материальной системы, и каждая из первой математической модели и второй математической модели могут содержать переменную, независимую от других второй математической модели или первой математической модели.

Контроллер может определять состояние общего компонента как ненадлежащее состояние, учитывая, что соотношение первого выходного значения и второго выходного значения превысило установленное пороговое значение. Контроллер может определять состояние общего компонента как надлежащее состояние, учитывая, что соотношение первого выходного значения и второго выходного значения не превысило установленное пороговое значение. Первый материальный датчик может определять первое падение давления через первый участок материальной системы, а второй материальный датчик может определять падение давления через второй участок материальной системы. Первый виртуальный датчик может иметь на выходе первое выходное значение в качестве первого смоделированного значения давления на общем компоненте материальной системы. Второй виртуальный датчик может иметь на выходе второе выходное значение в качестве второго смоделированного значения давления на общем компоненте материальной системы.

Материальная система может быть системой EGR, которая содержит силовую установку транспортного средства, первый участок материальной системы может содержать клапан выхлопных газов, а второй участок материальной системы может содержать охладитель транспортного средства. Первый виртуальный датчик может иметь на выходе первое выходное значение в качестве первого падения давления через клапан выхлопных газов, а второй виртуальный датчик может иметь на выходе второе выходное значение в качестве второго падения давления через охладитель. Контроллер может определять состояние системы EGR на основе соотношения первого выходного значения со вторым выходным значением. Контроллер может вычислять первое расчетное значение и второе расчетное значение в качестве значений давления. Клапан выхлопных газов может представлять собой дозирующий клапан.

Контроллер может вычислять каждое из первого расчетного значения и второго расчетного значения с использованием моделей, отличных друг от друга. Контроллер может изменять работу транспорт-

ного средства на основе по меньшей мере частично определенного состояния общего компонента.

В другом примере система может содержать первый датчик давления, который может измерять первое давление на входе охладителя газа системы EGR транспортного средства, датчик положения, который может определять положение клапана на входе охладителя газа, второй датчик давления, который может измерять второе давление на выходе охладителя газа, и контроллер, который может вычислять первое расчетное значение на основе комбинации первого давления, положения клапана и скорости потока выхлопных газов через клапан. Контроллер может вычислять второе расчетное значение на основе второго давления и значения производительности охладителя газа. Контроллер может определять состояние системы EGR посредством сравнения первого расчетного значения со вторым расчетным значением.

Используемый в данном документе элемент или этап, указанные в единственном числе, следует понимать как не исключающий множественное число указанных элементов или этапов, если только такое исключение не указано явно. Кроме того, упоминание "один вариант реализации изобретения" не исключает существование дополнительных вариантов реализации изобретения, которые включают перечисленные особенности. Более того, если явно не указано иное, варианты реализации изобретения "содержащие", "содержат", "включающие", "включают", "имеющие" или "имеют" элемент или совокупность элементов, обладающих конкретным свойством, могут содержать дополнительные подобные элементы, не обладающие этим свойством. В прилагаемой формуле изобретения термины "включающий" и "в котором" используются как простые эквиваленты соответствующих терминов "содержащий" и "отличающийся тем, что". Более того, в нижеследующей формуле изобретения термины "первый", "второй" и "третий" и т. д. используются просто как метки и не предназначены для наложения числовых требований на их объекты. Кроме того, ограничения нижеследующей формулы изобретения не записаны в формате "средство плюс функция" и не предназначены для интерпретации на основе документа 35 U.S.C. § 112(f), если и до тех пор, пока в таких ограничениях формулы прямо не используется фраза "средство для", за которой следует заявление о функции, не имеющее дальнейшей структуры.

Приведенное выше описание носит иллюстративный, а не ограничительный характер. Например, описанные выше варианты реализации изобретения (и/или их аспекты) могут использоваться в сочетании друг с другом. Кроме того, можно сделать множество модификаций, чтобы адаптировать конкретную ситуацию или материал к идеям предмета изобретения, не выходя за рамки его объема. Так как размеры и типы материалов, описанных в данном документе, определяют параметры предмета изобретения, они являются иллюстративными вариантами реализации изобретения. Специалистам в данной области техники, будут понятны другие варианты реализации изобретения после рассмотрения приведенного выше описания. Таким образом, объем предмета изобретения должен быть определен со ссылкой на прилагаемую формулу изобретения вместе с полным объемом эквивалентов, на которые распространяется такая формула изобретения.

В данном письменном описании используются примеры для раскрытия нескольких вариантов реализации изобретения, включая наилучший вариант, позволяющий специалисту в данной области техники, применить на практике варианты реализации изобретения, включая создание и использование любых устройств или систем и выполнение любых включенных способов. Патентоспособный объем предмета изобретения определяется формулой изобретения и может включать другие примеры, которые приходят на ум специалистам в данной области техники. Предполагается, что такие другие примеры входят в объем формулы изобретения, если они имеют структурные элементы, которые не отличаются от буквального языка формулы изобретения, или если они включают эквивалентные структурные элементы с незначительными отличиями от буквального языка формулы изобретения.

Приведенные в данном документе ссылки на патентный документ или другие материалы, идентифицированные как предшествующий уровень техники, не следует воспринимать как признание того, что этот документ или другие материалы были известны, или что содержащаяся в них информация является частью общеизвестной информацией на дату приоритета любого из пунктов формулы изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ диагностики работы физической системы, имеющей взаимодействующие компоненты, включающий

получение первой и второй математических моделей, отображающих работу соответственно первого и второго участков (128, 130; 202, 204) указанной физической системы (102; 200), причем каждая из первой математической модели и второй математической модели выполнены с возможностью иметь на выходе соответственно первое и второе выходные значения, отображающие работу общего компонента (208) физической системы (102; 200), который содержится в обоих - первом и втором - участках (128, 130; 202, 204) физической системы (102; 200);

ввод по меньшей мере первого входного значения по меньшей мере первой измеренной характеристики первого участка (128; 202) физической системы (102; 200) в первую математическую модель и по меньшей мере второго входного значения второй измеренной характеристики второго участка (130; 204) физической системы (102; 200) во вторую математическую модель;

получение первого выходного значения из первой математической модели на основе по меньшей мере первого входного значения и второго выходного значения из второй математической модели на основе по меньшей мере второго входного значения; и

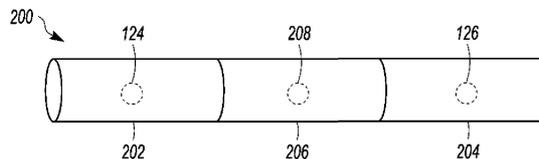
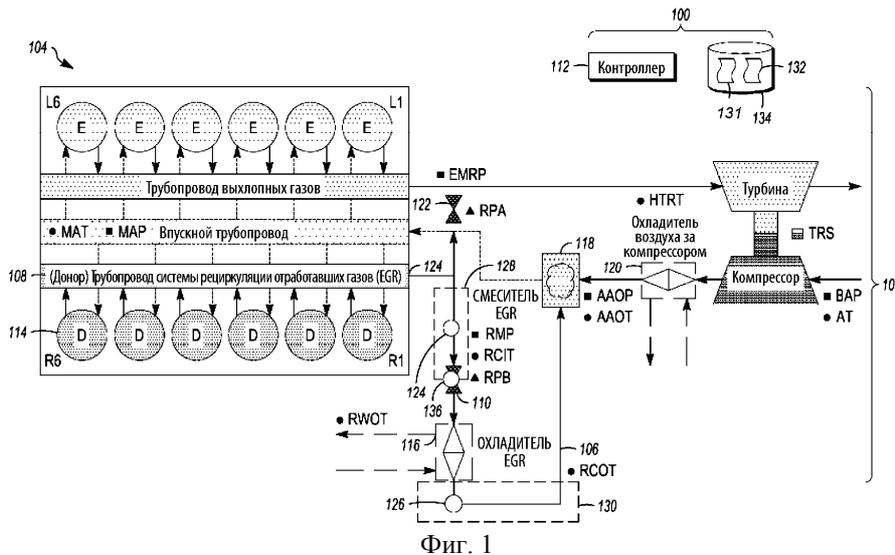
сравнение первого выходного значения из первой математической модели со вторым выходным значением из второй математической модели и определение состояния общего компонента (208) по отклонению результата сравнения от заранее определенного значения.

2. Способ по п.1, который дополнительно включает изменение работы одного или более из первого участка (128; 202) физической системы (102; 200), второго участка (130; 204) физической системы (102; 200) или общего компонента (208) на основе определенного ранее состояния общего компонента (208).

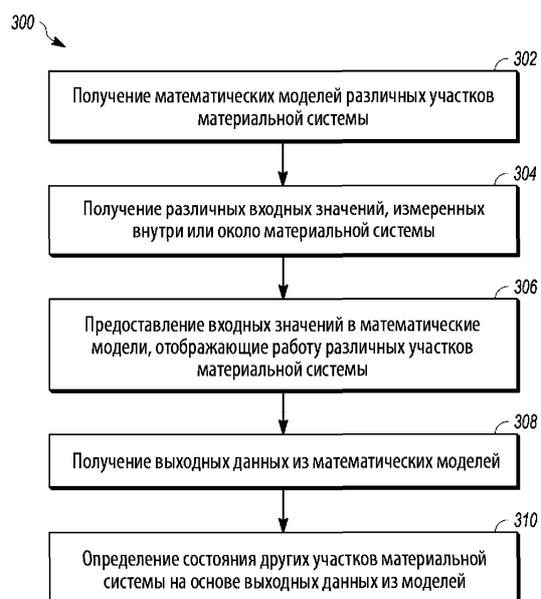
3. Способ по п.1, отличающийся тем, что каждая из первой математической модели и второй математической модели имеет переменную, независимую от второй математической модели или первой математической модели.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что состояние общего компонента (208) определено как неидеальное состояние, учитывая, что соотношение первого выходного значения и второго выходного значения превысило установленное пороговое значение, а состояние общего компонента (208) определено как идеальное, учитывая, что соотношение первого выходного значения и второго выходного значения не превысило установленное пороговое значение.

5. Способ по п.1, отличающийся тем, что физическая система (102; 200) содержит силовую установку транспортного средства, первый участок (128; 202) физической системы (102; 200) содержит дозирующий клапан, второй участок (130; 204) физической системы (102; 200) содержит охладитель газа транспортного средства, первая математическая модель выполнена с возможностью иметь на выходе первое выходное значение в качестве первого падения давления через дозирующий клапан, а вторая математическая модель выполнена с возможностью иметь на выходе второе выходное значение в качестве второго падения давления через охладитель газа.



Фиг. 2



Фиг. 3