РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** (11) **2 702 070**(13) **C1**

(51) МПК
F01N 3/08 (2006.01)
F01N 9/00 (2006.01)
B01D 53/56 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
B01D 53/326 (2019.05); B01D 53/56 (2019.05); B01D 53/92 (2019.05); B01D 53/9431 (2019.05); B01D 53/9495 (2019.05); F01N 3/0892 (2019.05); F01N 9/00 (2019.05)

(21)(22) Заявка: **2018145982, 25.12.2018**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
25.12.2018

Дата регистрации:
03.10.2019

Приоритет(ы):
(30) Конвенционный приоритет:
26.12.2017 JP 2017-249769

(45) Опубликовано: **03.10.2019** Бюл. № **28**

Адрес для переписки:
129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр. 3, ООО "Юридическая фирма Городисский и Партнеры"

(72) Автор(ы):
САКУМА Тецуя (JP),
ТАКАДА Кеиси (JP),
НИСИОКА Хиромаса (JP)

(73) Патентообладатель(и):
ТОЙОТА ДЗИДОСЯ КАБУСИКИ КАЙСЯ (JP)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **DE 3644090 A1, 07.07.1988. US 2005230269 A1, 20.10.2005. US 6015483 A, 18.01.2000. US 5352337 A, 04.10.1994. US 4253925 A, 03.03.1981. RU 2538368 C2, 10.01.2015.**

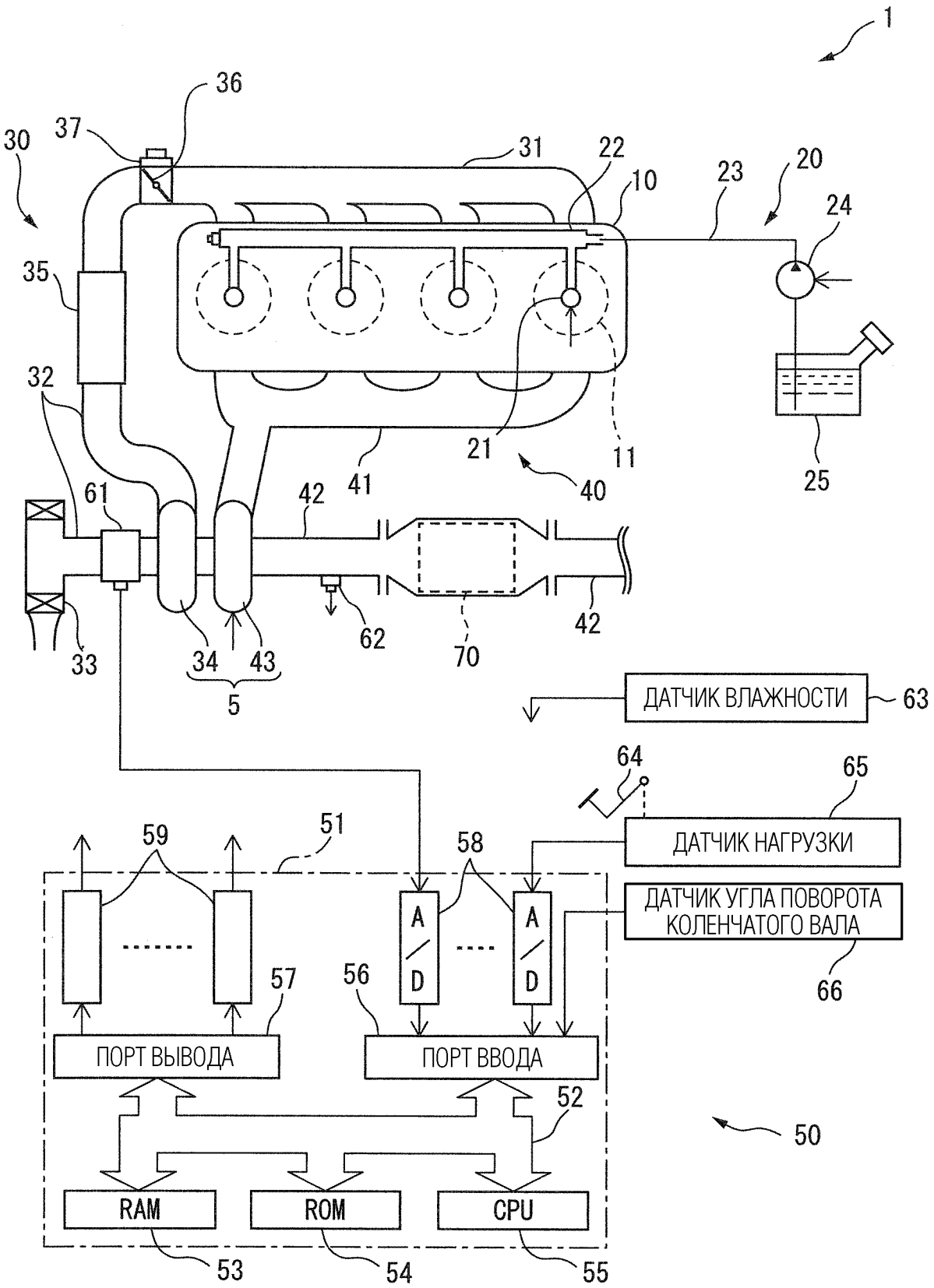
(54) ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЕАКТОР И ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ, СОДЕРЖАЩИЙ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЕАКТОР

(57) Реферат:

Изобретение может быть использовано в системах нейтрализации отработавших газов двигателей внутреннего сгорания. Электрохимический реактор (70) содержит протонно-проводящий слой твердого электролита, анодный слой, катодный слой и устройство управления по току. Анодный слой размещен на поверхности слоя твердого электролита и способен удерживать молекулы воды. Катодный слой размещен на поверхности слоя твердого электролита. Устройство управления по току управляет током, протекающим через анодный слой и катодный слой. Устройство управления по току выполнено с возможностью уменьшения тока, протекающего через анодный слой и катодный слой, когда молекул воды, удерживаемых на анодном слое, становится меньше по количеству. Раскрыт двигатель внутреннего сгорания. Технический результат заключается в эффективном удалении выбросов NOx независимо от концентрации молекул воды в выхлопном газе. 2 н. и 2 з.п. ф-лы, 8 ил.

RU 2702070 C1

RU 2702070 C1



ФИГ. 1

RU 2702070 C1

RUSSIAN FEDERATION

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 702 070**(13) **C1**

(51) Int. Cl.
F01N 3/08 (2006.01)
F01N 9/00 (2006.01)
B01D 53/56 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC
B01D 53/326 *(2019.05);* ***B01D 53/56*** *(2019.05);* ***B01D 53/92*** *(2019.05);* ***B01D 53/9431*** *(2019.05);* ***B01D 53/9495*** *(2019.05);* ***F01N 3/0892*** *(2019.05);* ***F01N 9/00*** *(2019.05)*

(21)(22) Application: **2018145982, 25.12.2018**

(24) Effective date for property rights:
25.12.2018

Registration date:
03.10.2019

Priority:
(30) Convention priority:
26.12.2017 JP 2017-249769

(45) Date of publication: **03.10.2019** Bull. № **28**

Mail address:
129090, Moskva, ul. B. Spasskaya, 25, str. 3, OOO "Yuridicheskaya firma Gorodisskij i Partnery"

(72) Inventor(s):
SAKUMA, Tetsuya (JP),
TAKADA, Keishi (JP),
NISHIOKA, Hiromasa (JP)

(73) Proprietor(s):
TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA (JP)

RU 2702070 C1

(54) ELECTROCHEMICAL REACTOR AND AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE COMPRISING AN ELECTROCHEMICAL REACTOR

(57) Abstract:

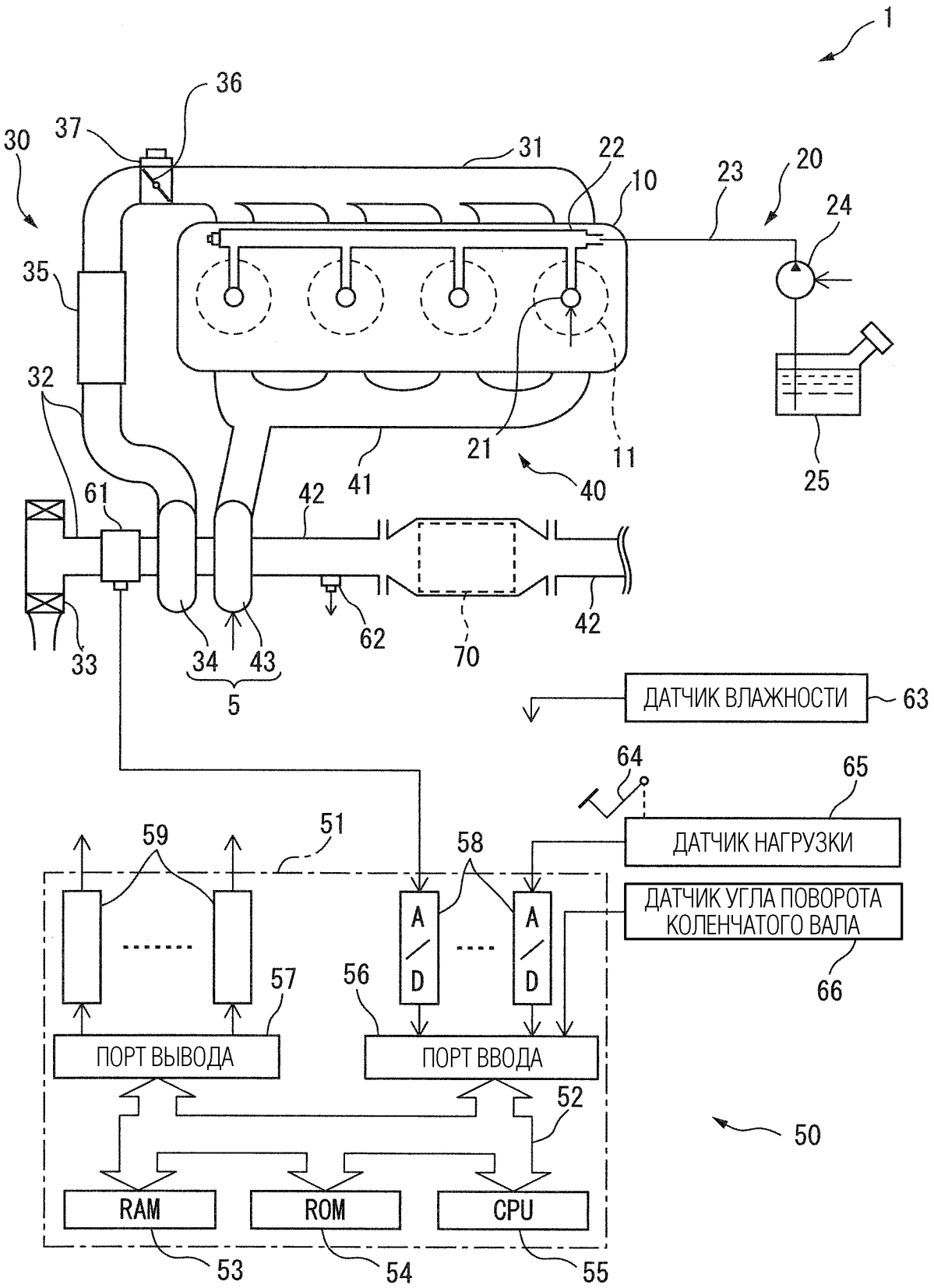
FIELD: technological processes.

SUBSTANCE: invention can be used in systems for neutralization of exhaust gases of internal combustion engines. Electrochemical reactor (70) comprises proton-conducting layer of solid electrolyte, anode layer, cathode layer and current control device. Anode layer is placed on the surface of the solid electrolyte layer and is capable of retaining water molecules. Cathode layer is placed on the surface of the solid electrolyte layer. Current control device controls current flowing through anode layer and cathode layer. Current control device is configured to reduce the current flowing through the anode layer and the cathode layer when the water molecules held on the anode layer become smaller in number. Internal combustion engine is disclosed.

EFFECT: technical result consists in efficient removal of NOx emissions irrespective of concentration of water molecules in exhaust gas.

4 cl, 8 dwg

RU 2702070 C1



ФИГ. 1

RU 2702070 C1

Область техники

Настоящее изобретение относится к электрохимическому реактору и к двигателю внутреннего сгорания, содержащему электрохимический реактор.

Уровень техники

В прошлом был известен электрохимический реактор, содержащий протонно-проводящий слой твердого электролита, анодный слой, размещаемый на поверхности слоя твердого электролита, и катодный слой, размещаемый на поверхности слоя твердого электролита (например, публикация не прошедшей экспертизу заявки на патент Японии № 2006-346624). В таком электрохимическом реакторе, если электрический ток протекает через анодный слой и катодный слой, молекулы воды разбиваются на анодном слое, за счет чего формируются протоны и кислород, и NO_X реагирует с протонами на катодном слое, за счет чего формируются азот и молекулы воды. Как результат, электрохимический реактор может использоваться для того, чтобы удалять NO_X.

Техническая задача

В вышеуказанном электрохимическом реакторе, поскольку молекулы воды требуются для того, чтобы удалять NO_X, может рассматриваться возможность формировать анодный слой посредством материала, который может удерживать молекулы воды. В электрохимическом реакторе, сконфигурированном так, как описано выше, молекулы воды, удерживаемые на анодном слое, разбиваются, чтобы формировать протоны.

В этом отношении, при размещении электрохимического реактора, сконфигурированного так, как описано выше, например, в выпускном канале двигателя внутреннего сгорания, концентрация молекул воды в выхлопном газе, протекающем около электрохимического реактора (концентрация жидкой воды и пара), не является постоянной, а изменяется согласно рабочему состоянию двигателя внутреннего сгорания. Следовательно, в зависимости от рабочего состояния двигателя внутреннего сгорания, концентрация молекул воды в выхлопном газе становится более низкой, и, соответственно, количество молекул воды, подаваемых на анодный слой, снижается. Если в таком состоянии электрический ток протекает через анодный слой и катодный слой, чтобы продолжать разбивать молекулы воды на анодном слое, количество молекул воды, удерживаемых на анодном слое, снижается.

С другой стороны, если ток, протекающий через анодный слой и катодный слой, является большим, большое количество протонов перемещается из анодного слоя в катодный слой. Как результат, часть протонов высвобождается в выхлопной газ в качестве молекул водорода, без способствования удалению NO_X. Следовательно, при увеличении тока независимо от снижения количества молекул воды, удерживаемых на анодном слое, формируется большое количество протонов, не способствующих удалению NO_X, и стимулируется снижение количества молекул воды, удерживаемых на анодном слое.

Дополнительно, в завершение, количество молекул воды, удерживаемых на анодном слое, становится небольшим, и количество протонов, перемещающихся из анодного слоя в катодный слой, снижается. Как результат, в катодном слое, количество уменьшенного и удаленного NO_X снижается. Следовательно, рабочие характеристики электрохимического реактора при удалении NO_X ухудшаются.

Настоящее изобретение осуществлено с учетом вышеуказанной технической проблемы и имеет в качестве свой цели принудительное снижение протонов, не

способствующих удалению NO_X в электрохимическом реакторе, чтобы за счет этого подавлять ухудшение рабочих характеристик в удалении NO_X наряду с уменьшением количества молекул воды, удерживаемых на анодном слое.

Решение задачи

Настоящее изобретение осуществлено таким образом, чтобы разрешать вышеуказанную проблему, и имеет в качестве своей сущности следующее.

(1) Электрохимический реактор, содержащий: протонно-проводящий слой твердого электролита; анодный слой, размещаемый на поверхности слоя твердого электролита и способный удерживать молекулы воды; катодный слой, размещаемый на поверхности слоя твердого электролита; и устройство управления по току, управляющее током, протекающим через анодный слой и катодный слой,

при этом устройство управления по току выполнено с возможностью уменьшать ток, протекающий через анодный слой и катодный слой, когда молекул воды, удерживаемых на анодном слое, становится меньше по количеству.

(2) Двигатель внутреннего сгорания, в котором электрохимический реактор согласно вышеуказанному (1) предоставляется в выпускном канале, при этом:

электрохимический реактор размещается в выпускном канале таким образом, что как анодный слой, так и катодный слой подвергаются воздействию выхлопного газа.

(3) Двигатель внутреннего сгорания согласно вышеуказанному (2), при этом:

двигатель внутреннего сгорания выполнен с возможностью выполнять управление отсечкой топлива, прекращающее подачу топлива в двигатель внутреннего сгорания в ходе работы двигателя внутреннего сгорания, и

устройство управления по току выполнено с возможностью уменьшать ток при условии того, что молекул воды, удерживаемых на анодном слое, становится меньше по количеству, когда начинается управление отсечкой топлива.

(4) Двигатель внутреннего сгорания согласно вышеуказанному (2) или (3), при этом:

двигатель внутреннего сгорания выполнен с возможностью предоставлять изменение воздушно-топливного соотношения воздушно-топливной смеси, подаваемой в двигатель внутреннего сгорания, и

устройство управления по току выполнено с возможностью уменьшать ток при условии того, что молекул воды, удерживаемых на анодном слое, становится меньше по количеству, когда воздушно-топливное соотношение воздушно-топливной смеси изменяется в обедненную сторону.

Преимущества изобретения

Согласно настоящему изобретению, посредством снижения количества протонов, не способствующих удалению NO_X в электрохимическом реакторе, можно подавлять ухудшение рабочих характеристик в удалении NO_X наряду с уменьшением количества молекул воды, удерживаемых на анодном слое.

Краткое описание чертежей

Фиг. 1 - схематичный вид конфигурации двигателя внутреннего сгорания;

Фиг. 2 - вид сбоку в поперечном сечении электрохимического реактора;

Фиг. 3 - укрупненный вид в поперечном сечении, схематично показывающий разделительную перегородку электрохимического реактора;

Фиг. 4 - укрупненный вид в поперечном сечении, схематично показывающий разделительную перегородку электрохимического реактора;

Фиг. 5A и 5B - виды, схематично показывающие реакцию, возникающую около разделительной перегородки, когда ток протекает из системы подачи мощности;

Фиг. 6 - вид, показывающий взаимосвязь между воздушно-топливным соотношением воздушно-топливной смеси, подаваемой в цилиндры, и током, протекающим через анодный слой и катодный слой; и

Фиг. 7 - блок-схема последовательности операций способа, показывающая управляющую процедуру управления по току, выполняемого посредством системы подачи мощности.

Подробное описание вариантов осуществления изобретения

Ниже, со ссылкой на чертежи, подробнее поясняются варианты осуществления настоящего изобретения. Следует отметить, что в нижеприведенном пояснении, аналогичным составляющим элементам назначаются идентичные номера ссылок.

Пояснение двигателя внутреннего сгорания в целом

Во-первых, ссылаясь на фиг. 1, поясняется конфигурация двигателя 1 внутреннего сгорания согласно одному варианту осуществления. Фиг. 1 является схематичным видом конфигурации двигателя 1 внутреннего сгорания. Как показано на фиг. 1, двигатель 1 внутреннего сгорания содержит корпус 10 двигателя, систему 20 подачи топлива, систему 30 впуска, систему 40 выпуска выхлопных газов и устройство 50 управления.

Корпус 10 двигателя содержит блок цилиндров, в котором формируются множество цилиндров 11, головку блока цилиндров и картер двигателя. Поршень 14 размещается в каждом цилиндре 11, и каждый цилиндр 11 соединяется с впускными портами и выпускным портом.

Система 20 подачи топлива содержит топливные инжекторы 21, подводящую трубу 22, трубу 23 подачи топлива, топливный насос 24 и топливный бак 25. Каждый топливный инжектор 31 размещается в головке блока цилиндров таким образом, чтобы непосредственно впрыскивать топливо в каждый цилиндр 11. Топливо, выкачиваемое посредством топливного насоса 24, подается через трубу 23 подачи топлива в подводящую трубу 22 и затем впрыскивается из топливного инжектора 21 в цилиндр 11.

Система 30 впуска содержит впускной коллектор 31, впускную трубу 32, воздушный фильтр 33, компрессор 34 турбонагнетателя 5, промежуточный охладитель 35 и дроссельный клапан 36. Впускной порт каждого цилиндра 11 сообщается через впускной коллектор 31 и впускную трубу 32 с воздушным фильтром 33. Впускная труба 43 содержит компрессор 34 турбонагнетателя 5 с приводом от выхлопной системы для сжатия и выпуска всасываемого воздуха, протекающего через впускную трубу 32, и промежуточный охладитель 35 для охлаждения воздуха, сжимаемого посредством компрессора 34. Дроссельный клапан 36 приводится в действие таким образом, что он открывается и закрывается посредством актуатора 37 приведения в действие дроссельного клапана.

Система 40 выпуска выхлопных газов содержит выпускной коллектор 41, выхлопную трубу 42, турбину 43 турбонагнетателя 5 с приводом от выхлопной системы и электрохимический реактор 70. Выпускной порт каждого цилиндра 11 сообщается через выпускной коллектор 51 и выхлопную трубу 52 с электрохимическим реактором 70. В выхлопной трубе 42 предоставляется турбина 43 турбонагнетателя 5 с приводом от выхлопной системы, которая приводится в действие с возможностью вращаться посредством энергии выхлопного газа. Следует отметить, что система 40 выпуска выхлопных газов может содержать катализатор, к примеру, трехкомпонентный катализатор или восстановительный катализатор накопления NO_X, сторону впуска или сторону выпуска электрохимического реактора 70 в направлении потока выхлопного

газа.

Устройство 50 управления содержит электронный модуль 51 управления (ECU) и различные типы датчиков. ECU 51 состоит из цифрового компьютера и содержит компоненты, соединенные друг с другом через двунаправленную шину 52, такие как RAM 53 (оперативное запоминающее устройство), ROM 54 (постоянное запоминающее устройство), CPU 55 (микропроцессор), порт 56 ввода и порт 57 вывода.

Во впускной трубе 32, датчик 61 расхода (расходомер воздуха) предоставляется для определения расхода воздуха, протекающего через впускную трубу 32. В выхлопной трубе 42 (или в выпускном коллекторе 41), датчик воздушно-топливного соотношения предоставляется для определения воздушно-топливного соотношения выхлопного газа, протекающего в электрохимический реактор 70. Дополнительно, транспортное средство, включающее в себя впускную трубу 32 или двигатель 1 внутреннего сгорания, содержит датчик 63 влажности для определения влажности воздуха, подаваемого в каждый цилиндр 11 (или наружного воздуха). Выводы этого датчика расхода 61, датчика воздушно-топливного соотношения 62 и датчика 63 влажности соединяются через соответствующие аналого-цифровые преобразователи 58 с портом 56 ввода.

Дополнительно, датчик 65 нагрузки, формирующий выходное напряжение, пропорциональное величине нажатия педали 64 акселератора, соединяется с педалью 64 акселератора. Выходное напряжение датчика 65 нагрузки вводится через соответствующий аналого-цифровой преобразователь 58 в порт 56 ввода. Датчик 66 угла поворота коленчатого вала формирует выходной импульс каждый раз, когда коленчатый вал корпуса 10 двигателя вращается, например, на 10 градусов. Этот выходной импульс вводится в порт 56 ввода. В CPU 55, частота вращения двигателя вычисляется из выходного импульса.

С другой стороны, порт 57 вывода ECU 51 соединяется через соответствующие схемы 59 формирователей сигналов управления с актуаторами, управляющими работой двигателя 1 внутреннего сгорания. В примере, показанном на фиг. 1, порт 57 вывода соединяется с топливными инжекторами 21, топливным насосом 24 и актуатором 37 приведения в действие дроссельного клапана. ECU 51 выводит управляющие сигналы, управляющие этими актуаторами, из порта 57 вывода для того, чтобы управлять работой двигателя 1 внутреннего сгорания.

Управление двигателем внутреннего сгорания

Устройство 50 управления выполняет управление впрыском, управляющее объемом топлива, впрыскиваемого из каждого топливного инжектора 21 на основе нагрузки на двигатель и частоты вращения двигателя и т.д., введенных вышеуказанным способом. При управлении впрыском, по существу, чем выше нагрузка на двигатель, тем больше объем впрыска управляется таким образом, что объем топлива, впрыскиваемого из каждого топливного инжектора 21, становится больше в течение каждого цикла. В отличие от этого, в настоящем варианте осуществления, даже если нагрузка на двигатель изменяется, объем воздуха, подаваемого в цилиндры 11, не должен изменяться настолько. Как результат, чем выше нагрузка на двигатель, тем выше воздушно-топливное соотношение воздушно-топливной смеси, подаваемой в цилиндры 11.

Дополнительно, устройство 50 управления настоящего варианта осуществления выполняет управление отсечкой топлива, временно прекращающее впрыск топлива из каждого топливного инжектора 21 в ходе работы двигателя внутреннего сгорания (т.е. в ходе вращения коленчатого вала корпуса 10 двигателя), например, когда транспортное средство, в котором монтируется двигатель 1 внутреннего сгорания, замедляется. В частности, управление отсечкой топлива выполняется, и впрыск топлива из каждого

топливного инжектора 21 прекращается, например, когда нагрузка на двигатель, определенная посредством датчика 65 нагрузки, равна нулю либо меньше или равна предварительно определенному верхнему предельному значению, и частота вращения двигателя, вычисленная на основе вывода датчика 66 угла поворота коленчатого вала, равна или выше предварительно определенного нижнего предельного значения (например, 2000 об/мин).

Следует отметить, что в настоящем варианте осуществления, корпус 10 двигателя не содержит свечи зажигания, и двигатель 1 внутреннего сгорания представляет собой двигатель внутреннего сгорания на основе самовоспламенения от сжатия. Тем не менее, двигатель 1 внутреннего сгорания также может представлять собой двигатель внутреннего сгорания с искровым зажиганием, который зажигает воздушно-топливную смесь посредством искры из свечи зажигания. В этом случае, при управлении впрыском, объем впрыска управляется таким образом, что воздушно-топливное соотношение воздушно-топливной смеси, подаваемой в цилиндры 11, представляет собой целевое воздушно-топливное соотношение. Целевое воздушно-топливное соотношение, например, задается таким образом, что оно изменяется около стехиометрического воздушно-топливного соотношения в соответствии с рабочим состоянием двигателя. Дополнительно, управление отсечкой топлива также аналогично выполняется в двигателе внутреннего сгорания с искровым зажиганием.

Конфигурация электрохимического реактора

Далее, ссылаясь на фиг. 2 и 3, поясняется конфигурация электрохимического реактора 70 согласно настоящему варианту осуществления. Фиг. 2 является видом сбоку в поперечном сечении электрохимического реактора 70. Как показано на фиг. 2, электрохимический реактор 70 содержит разделительные перегородки 71 и каналы 72, заданные посредством разделительных перегородок. Разделительные перегородки 71 состоят из множества первых разделительных перегородок, идущих параллельно друг с другом, и множества вторых разделительных перегородок, идущих параллельно друг с другом и перпендикулярных первым разделительным перегородкам. Каналы 72 задаются посредством этих первых разделительных перегородок и вторых разделительных перегородок и идут параллельно друг другу. Следовательно, электрохимический реактор 70 согласно настоящему варианту осуществления имеет сотовую конструкцию. Выхлопной газ, протекающий в электрохимический реактор 70, протекает через множество каналов 72.

Фиг. 3 является укрупненным видом в поперечном сечении разделительной перегородки 71 электрохимического реактора 70. Как показано на фиг. 3, разделительная перегородка 71 электрохимического реактора 70 содержит слой 75 твердого электролита, анодный слой 76, размещаемый на одной поверхности слоя 75 твердого электролита, и катодный слой 77, размещаемый на поверхности слоя 75 твердого электролита на противоположной стороне относительно поверхности, на которой размещается анодный слой 76.

Слой 75 твердого электролита включает в себя пористый твердый электролит, имеющий протонную проводимость. В качестве твердого электролита, например, используются перовскитовый оксид металла $MM'_{1-x}R_xO_{3-\alpha}$ (M=Ba, Sr, Ca, M'=Ce, Zr, R= Y, Yb, например, $SrZr_xYb_{1-x}O_{3-\alpha}$, $SrCeO_3$, $BaCeO_3$, $CaZrO_3$, $SrZrO_3$ и т.д.), фосфат (например, стекло на основе SiO_2-P_2O_5 и т.д.) или легированный металлом $Sn_xIn_{1-x}P_2O_7$ (например, SnP_2O_7 и т.д.).

Анодный слой 76 и катодный слой 77 включают в себя Pt, Pd, Rh или другие

драгоценные металлы. Дополнительно, анодный слой 76 включает в себя вещество, которое может удерживать (т.е. может адсорбировать и/или поглощать) молекулы воды. В частности, вещество, которое может удерживать молекулы воды, включает в себя цеолит, силикагель, активированный оксид алюминия и т.д. С другой стороны, катодный слой 77 включает в себя вещество, которое может удерживать (т.е. может адсорбировать и/или поглощать) NO_X. В частности, вещество, которое может удерживать NO_X, включает в себя K, Na или другой щелочной металл, Ba или другой щелочноземельный металл, La или другой редкоземельный элемент и т.д.

Дополнительно, электрохимический реактор 70 содержит систему 73 подачи мощности и амперметр 74. Положительный электрод системы 73 подачи мощности соединяется с анодным слоем 76, в то время как отрицательный электрод системы 73 подачи мощности соединяется с катодным слоем 77. Система 73 подачи мощности выполнена с возможностью изменять ток, протекающий через катодный слой 77, слой 75 твердого электролита и анодный слой 76. Дополнительно, система 73 подачи мощности выполнена с возможностью изменять напряжение, приложенное через анодный слой 76 и катодный слой 77.

Дополнительно, система 73 подачи мощности соединяется с амперметром 74 последовательно. Дополнительно, амперметр 74 соединяется через соответствующий аналого-цифровой преобразователь 58 с портом 56 ввода. Система 73 подачи мощности соединяется через соответствующую схему 59 приведения в действие с портом 57 вывода ECU 51. Система 73 подачи мощности управляется посредством ECU 51. Следовательно, система 73 подачи мощности и ECU 51 функционируют в качестве устройства управления по току для управления током, протекающим через анодный слой 76 и катодный слой 77. В частности, в настоящем варианте осуществления, система 73 подачи мощности управляется таким образом, что значение тока, определенное посредством амперметра 74, становится целевым значением.

В электрохимическом реакторе 70, сконфигурированном так, как описано выше, если ток протекает из системы 73 подачи мощности в анодный слой 76 и катодный слой 77, реакции, к примеру, как указано в следующих формулах, возникают в анодном слое 76 и катодном слое 77:

Сторона анода: $2H_2O \rightarrow 4H^+ + O_2 + 4e$

Сторона катода: $2NO + 4H^+ + 4e \rightarrow N_2 + 2H_2O$

Таким образом, в анодном слое 76, молекулы воды, удерживаемые на анодном слое 76, электролизуются, за счет чего формируются кислород и протоны. Сформированный кислород высвобождается в выхлопной газ, в то время как сформированные протоны перемещаются из анодного слоя 76 через слой 75 твердого электролита в катодный слой 77. В катодном слое 77, NO, удерживаемый в катодном слое 77 реагирует с протонами и электронами, за счет чего формируются азот и молекулы воды.

Следовательно, согласно настоящему варианту осуществления, посредством обеспечения принудительного протекания тока из системы 73 подачи мощности электрохимического реактора 70 в анодный слой 76 и катодный слой 77, можно уменьшать NO в выхлопном газе в N_2, чтобы удалять его.

Следует отметить, что в вышеописанных вариантах осуществления, анодный слой 76 и катодный слой 77 размещаются на двух поверхностях на противоположных сторонах слоя 75 твердого электролита. Тем не менее, анодный слой 76 и катодный слой 77 также могут размещаться на идентичной поверхности слоя 75 твердого

электролита. В этом случае, протоны перемещаются через окрестность поверхности слоя 75 твердого электролита, в котором размещаются анодный слой 76 и катодный слой 77.

Дополнительно, как показано на фиг. 5, анодный слой 76 может включать в себя два слоя из проводящего слоя 76a, включающего в себя драгоценный металл, имеющий удельную электропроводность, и слоя 76b удерживания молекул воды, включающего в себя вещество, которое может удерживать молекулы воды. В этом случае, проводящий слой 76a размещается на поверхности слоя 75 твердого электролита, тогда как слой 76b удерживания молекул воды размещается на поверхности проводящего слоя 76a на противоположной стороне относительно стороны слоя 75 твердого электролита.

Аналогично, катодный слой 77 может включать в себя два слоя из проводящего слоя 77a, включающего в себя драгоценный металл, имеющий удельную электропроводность, и слоя 77b удерживания NO_X, включающего в себя вещество, которое может удерживать NO_X. В этом случае, проводящий слой 77a размещается на поверхности слоя 75 твердого электролита, тогда как слой 77b удерживания NO_X размещается на поверхности проводящего слоя 77a на противоположной стороне относительно стороны слоя 75 твердого электролита.

Свойства электрохимического реактора

Далее, ссылаясь на фиг. 5A и 5B, поясняются просто свойства электрохимического реактора 70, сконфигурированного так, как пояснено выше. Фиг. 5A является видом, схематично показывающим реакцию, которая возникает около разделительной перегородки 71, когда ток, протекающий из системы 73 подачи мощности, является небольшим. Фиг. 5B является видом, схематично показывающим реакцию, которая возникает около разделительной перегородки 71, когда ток, протекающий из системы 73 подачи мощности, является большим.

Как показано на фиг. 5A, когда ток, протекающий из системы 73 подачи мощности, является небольшим, небольшое количество протонов перемещается из анодного слоя 76 через слой 75 твердого электролита в катодный слой 77. Следовательно, почти все протоны, перемещающиеся в катодный слой 77, реагируют с NO, удерживаемым в катодном слое 77, за счет чего формируется N_2.

С другой стороны, как показано на фиг. 5B, когда ток, протекающий из системы 73 подачи мощности, является большим, большое количество протонов перемещается из анодного слоя 76 через слой 75 твердого электролита в катодный слой 77. Следовательно, скорость удаления NO в катодном слое 77 является в определенной степени более высокой, по сравнению с тем, когда ток, протекающий из системы 73 подачи мощности, является небольшим, но часть протонов, перемещающихся в катодный слой 77, не реагирует с NO, удерживаемым в катодном слое 77, и высвобождается в выхлопной газ в качестве молекул водорода. Следовательно, если ток, протекающий из системы 73 подачи мощности, является большим, больше требуемого количества протонов формируется из молекул воды, удерживаемых на анодном слое 76.

В этом отношении, концентрация молекул воды, включенных в выхлопной газ, изменяется согласно рабочему состоянию двигателя. Таким образом, если воздушно-топливная смесь сгорает в цилиндрах 11 корпуса 10 двигателя, молекулы воды формируются наряду со сгоранием. Следовательно, если рабочее состояние двигателя изменяется, и объем топлива, подаваемого из топливных инжекторов 21, изменяется, концентрация молекул воды, включенных в выхлопной газ, изменяется. Следовательно,

например, когда вышеуказанное управление отсечкой топлива выполняется, выхлопной газ практически не включает в себя молекулы воды.

Дополнительно, когда воздушно-топливное соотношение воздушно-топливной смеси, подаваемой в цилиндры 11, является высоким (обедненная сторона), по сравнению с тем, когда оно является низким (обогащенная сторона), соотношение воздуха к подаваемому топливу является более высоким. Следовательно, в это время, после того, как воздушно-топливная смесь сжигается в цилиндрах 11, соотношение воздуха к молекулам воды в выхлопном газе является высоким, и в силу этого концентрация молекул воды в выхлопном газе является низкой. Следовательно, концентрация молекул воды в выхлопном газе изменяется согласно воздушно-топливному соотношению воздушно-топливной смеси, подаваемой в цилиндры 11.

Если концентрация молекул воды в выхлопном газе является низкой, количество молекул воды, удерживаемых на анодном слое 76 в равновесном состоянии, является небольшим. Следовательно, если концентрация молекул воды в выхлопном газе снижается, количество молекул воды, удерживаемых на анодном слое 76, снижается.

Когда количество молекул воды, удерживаемых на анодном слое 76 в равновесном состоянии, уменьшается таким образом, если большой ток протекает из системы 73 подачи мощности, количество молекул воды, удерживаемых на анодном слое 76, быстро снижается. Как результат, если количество молекул воды, удерживаемых на анодном слое 76, становится меньшим, достаточное формирование протонов становится более невозможным, и рабочие характеристики при удалении NO_X ухудшаются.

В частности, как пояснено ссылаясь на фиг. 5B, когда значение тока, протекающего из системы 73 подачи мощности, является большим, часть протонов не способствует удалению NO_X. Следовательно, при задании значения из тока, протекающего из системы 73 подачи мощности, большим, несмотря на снижение количества молекул воды, удерживаемых на анодном слое 76, формируется большое количество протонов, не способствующих удалению NO_X, в то время как стимулируется уменьшение количества молекул воды, удерживаемых на анодном слое. Следовательно, если концентрация молекул воды в выхлопном газе является низкой, необходимо уменьшать значение тока, протекающего из системы 73 подачи мощности, чтобы не допускать формирования чрезмерного числа протонов.

Управление электрохимическим реактором

Следовательно, в настоящем варианте осуществления, система 73 подачи мощности задает ток, протекающий через анодный слой 76 и катодный слой 77, меньшим, когда молекулы воды, удерживаемые на анодном слое 76, являются относительно небольшими по числу, по сравнению с тем, когда они являются относительно большими по числу. В частности, в настоящем варианте осуществления, система 73 подачи мощности уменьшает ток, протекающий через анодный слой 76 и катодный слой 77, по мере того, как молекул воды, удерживаемых на анодном слое 76, становится меньше по количеству.

Фиг. 6 является видом, показывающим взаимосвязь воздушно-топливного соотношения воздушно-топливной смеси, подаваемой в цилиндры 11, и тока, протекающего через анодный слой 76 и катодный слой 77.

В этом отношении, как пояснено выше, если воздушно-топливное соотношение воздушно-топливной смеси, подаваемой в цилиндры 11, становится более высоким (становится обедненной стороной), концентрация молекул воды в выхлопном газе снижается, и как результат, молекулы воды, удерживаемые на анодном слое 76, имеют тенденцию снижаться. Следовательно, в примере, показанном на фиг. 6, по мере того,

как воздушно-топливное соотношение воздушно-топливной смеси, подаваемой в цилиндры 11, становится более высоким, т.е. по мере того, как молекулы воды, удерживаемые на анодном слое 76, становятся меньше, ток, протекающий через анодный слой 76 и катодный слой 77, задается меньшим. Следует отметить, что, в примере, показанном на фиг. 6, ток задается меньшим пропорционально становлению более высоким воздушно-топливного соотношения воздушно-топливной смеси, но не обязательно требуется изменять ток пропорционально воздушно-топливному соотношению воздушно-топливной смеси.

Помимо этого, в настоящем варианте осуществления, система 73 подачи мощности задает ток, протекающий через анодный слой 76 и катодный слой 77, чрезвычайно небольшим, когда воздух подается без подачи топлива в цилиндры 11 вследствие управления отсечкой топлива. Альтернативно, система 73 подачи мощности задает ток, протекающий через анодный слой 76, и катодный слой 77 в это время, практически нулевым.

Следовательно, при изменении точки зрения, можно сказать, что система 73 подачи мощности изменяет ток, протекающий через анодный слой 76 и катодный слой 77, так что он становится меньшим, когда молекулы воды, удерживаемые на анодном слое 76, изменяются так, что их становится меньше по количеству.

Время, когда молекул воды, удерживаемых на анодном слое 76, становится меньше по количеству, означает время, когда концентрация молекул воды в выхлопном газе снижена. Дополнительно, время, когда молекул воды, удерживаемых на анодном слое 76, становится меньше по количеству, включает в себя не только время, когда молекулы воды, удерживаемые на анодном слое 76, фактически изменяются так, что их становится меньше по количеству, но также и время, когда молекул воды, удерживаемых на анодном слое 76, предположительно должно становиться меньше по количеству вследствие работы различных актуаторов (топливных инжекторов 21, дроссельного клапана 36 и т.д.) двигателя 1 внутреннего сгорания. Следовательно, время, когда молекул воды, удерживаемых на анодном слое 76, становится меньше по количеству, включает в себя, например, время, когда воздушно-топливное соотношение воздушно-топливной смеси, подаваемой в цилиндры 11, изменяется (в обедненную сторону) так, что оно становится более высоким, или время, когда начинается управление отсечкой топлива.

Фиг. 7 является блок-схемой последовательности операций способа, показывающей управляющую процедуру управления по току, выполняемого посредством системы 73 подачи мощности. Проиллюстрированная управляющая процедура выполняется каждый определенный временной интервал.

Как показано на фиг. 7, во-первых, на этапе S11, получается объем Q впрыска топлива из каждого топливного инжектора 21 в цилиндр 11 в каждом цикле. Объем Q впрыска топлива, например, вычисляется на основе целевого объема впрыска топлива из каждого топливного инжектора 21, вычисленного в ECU 51. Каждый топливный инжектор 21 управляется таким образом, что объем впрыска топлива из топливного инжектора 21 в каждом цикле становится целевым объемом впрыска топлива.

Затем, на этапе S12, определяется то, превышает или нет объем Q впрыска топлива в каждый цилиндр 11, полученный на этапе S11, 0. Если, на этапе S12, определяется то, что объем Q впрыска топлива в каждый цилиндр 11 превышает 0, т.е. если определяется то, что управление отсечкой топлива не проводится, процедура переходит к этапу S13.

На этапе S13, с использованием датчика воздушно-топливного соотношения 62, получается воздушно-топливное соотношение выхлопного газа, протекающего в электрохимический реактор 70. Затем, на этапе S14, целевое значение I тока вычисляется

с использованием карты, к примеру, как показано на фиг. 6, на основе воздушно-топливного соотношения выхлопного газа, полученного на этапе S13. Система 73 подачи мощности управляется таким образом, что ток, протекающий через анодный слой 76 и катодный слой 77, становится целевым значением I тока, после этого управляющая процедура завершается.

С другой стороны, если на этапе S12 определяется то, что объем Q впрыска топлива в каждый цилиндр 11 равен 0, т.е. если определяется то, что отсечка топлива проводится, процедура переходит к этапу S15. На этапе S15, целевое значение I тока задается равным нулю. Следовательно, система 73 подачи мощности управляется таким образом, чтобы не обеспечивать принудительное протекание электрического тока через анодный слой 76 и катодный слой 77, после этого управляющая процедура завершается.

Работа и преимущества

В двигателе 1 внутреннего сгорания согласно настоящему варианту осуществления, когда концентрация молекул воды в выхлопном газе является низкой, т.е. когда молекулы воды, удерживаемые на анодном слое 76, являются относительно небольшими по числу, ток, протекающий через анодный слой 76 и катодный слой 77, задается меньшим. Вследствие этого, подавляется формирование чрезмерных протонов, может подавляться снижение количества молекул воды, удерживаемых на анодном слое 76, и ухудшение рабочих характеристик удаления NO_X в соответствии с уменьшением количества молекул воды, удерживаемых на анодном слое 76, может подавляться.

С другой стороны, в настоящем варианте осуществления, когда воздушно-топливная смесь сжигается в цилиндрах 11, и молекулы воды содержатся в выхлопном газе, ток через анодный слой 76 и катодный слой 77, хотя ток является в определенной степени небольшим. Следовательно, в это время, протоны формируются в анодном слое 76, и в силу этого можно поддерживать удаление NO_X, удерживаемого в катодном слое 77.

В этом отношении, скорость v реакции при реакции NO_X и протонов, удерживаемых в катодном слое 77, выражается посредством следующей формулы (1):

$$v = A\exp\left(-\frac{\Delta E}{RT}\right)[NOx]^{\alpha}[H^{+}]^{\beta} \quad \ldots(1)$$

В формуле (1), A, α и β являются константами, ΔE указывает энергию активации, R указывает газовую постоянную, и T указывает температуру. Дополнительно, $[NO_X]$ указывает концентрацию NO_X, в то время как $[H^+]$указывает концентрацию протонов. Как следует понимать из формулы (1), скорость v реакции при реакции между NO_X и протонами становится большей по мере того, как концентрация $[NO_X]$ NO_X становится более высокой, и по мере того, как концентрация $[H^+]$протонов становится более высокой.

В этом отношении, если воздушно-топливное соотношение выхлопного газа представляет собой обогащенное воздушно-топливное соотношение, NO_X в выхлопном газе реагирует с несгоревшим HC, CO и т.д. в выхлопном газе, и в силу этого концентрация NO_X в выхлопном газе является низкой. Следовательно, в этом случае, количество NO_X, удерживаемого в катодном слое 77, имеет тенденцию снижаться. Если

количество NO_X, удерживаемого в катодном слое 77, снижается таким образом, концентрация $[NO_X]$ NO_X в формуле (1) снижается, и в силу этого скорость реакции при реакции NO_X и протонов становится меньше.

В отличие от этого, в двигателе 1 внутреннего сгорания согласно настоящему варианту осуществления, чем выше воздушно-топливное соотношение воздушно-топливной смеси, подаваемой в каждый цилиндр 11, тем меньше ток, протекающий через анодный слой 76 и катодный слой 77. Иначе говоря, в двигателе 1 внутреннего сгорания согласно настоящему варианту осуществления, чем ниже воздушно-топливное соотношение выхлопного газа (чем больше к обогащенной стороне воздушно-топливное соотношение), тем больше увеличивается количество протонов, подаваемых в катодный слой 77 в единицу времени. Как результат, в катодном слое 77, концентрация [H+] протонов в формуле (1) увеличивается. Следовательно, согласно настоящему варианту осуществления, даже когда воздушно-топливное соотношение выхлопного газа представляет собой обогащенное воздушно-топливное соотношение, скорость реакции при реакции между NO_X и протонами может поддерживаться высокой.

Модификации

Далее поясняется модификация вышеописанного варианта осуществления. В вышеописанных вариантах осуществления, ток, протекающий через анодный слой 76 и катодный слой 77, управляется в соответствии с воздушно-топливным соотношением воздушно-топливной смеси, подаваемой в цилиндры 11, и с тем, выполняется или нет управление отсечкой топлива. Тем не менее, количество молекул воды, удерживаемых на анодном слое 76, также изменяется согласно другим факторам.

Например, если температура выхлопного газа повышается, и в силу этого температура электрохимического реактора 70, в частности, температура разделительных перегородок 71 повышается, становится сложнее удерживать молекулы воды на анодном слое 76. Следовательно, по мере того, как температура электрохимического реактора 70 становится более высокой, количество молекул воды, удерживаемых на анодном слое 76, снижается. Следовательно, система 73 подачи мощности может управляться таким образом, что по мере того, как температура электрохимического реактора 70 становится более высокой, ток, протекающий через анодный слой 76 и катодный слой 77, задается меньшим.

Дополнительно, когда влажность воздуха, подаваемого в цилиндры 11 (т.е. влажность атмосферы около транспортного средства со смонтированным двигателем 1 внутреннего сгорания), является низкой, влажность выхлопного газа, выпускаемого из цилиндров 11, также является низкой. Как результат, когда влажность воздуха, подаваемого в цилиндры 11, является низкой, количество молекул воды, удерживаемых на анодном слое 76, снижается. Следовательно, система 73 подачи мощности может управляться таким образом, чтобы задавать ток, протекающий через анодный слой 76 и катодный слой 77, меньшим по мере того, как влажность, определенная посредством датчика 63 влажности, становится более низкой.

Помимо этого, в вышеописанных вариантах осуществления, система 73 подачи мощности управляется таким образом, что ток, протекающий через анодный слой 76 и катодный слой 77, равен нулю, во время выполнения управления отсечкой топлива. Тем не менее, система 73 подачи мощности также может управляться таким образом, что ток немного протекает через анодный слой 76 и катодный слой 77, даже во время выполнения управления отсечкой топлива. Во время управления отсечкой топлива, концентрация молекул воды в газе, протекающем в электрохимическом реакторе 70,

изменяется в соответствии с влажностью воздуха, подаваемого в цилиндры 11, и в силу этого, ток, протекающий через анодный слой 76 и катодный слой 77, предпочтительно задается меньшим по мере того, как влажность, определенная посредством датчика 63 влажности, становится более низкой.

(57) Формула изобретения

1. Электрохимический реактор, содержащий: протонно-проводящий слой твердого электролита; анодный слой, размещаемый на поверхности слоя твердого электролита и способный удерживать молекулы воды; катодный слой, размещаемый на поверхности слоя твердого электролита; и устройство управления по току, управляющее током, протекающим через анодный слой и катодный слой,

при этом устройство управления по току выполнено с возможностью уменьшения тока, протекающего через анодный слой и катодный слой, когда молекул воды, удерживаемых на анодном слое, становится меньше по количеству.

2. Двигатель внутреннего сгорания, в выпускном канале которого обеспечен электрохимический реактор по п. 1, при этом электрохимический реактор размещен в выпускном канале таким образом, что как анодный слой, так и катодный слой подвергаются воздействию выхлопного газа.

3. Двигатель внутреннего сгорания по п. 2, выполненный с возможностью выполнения управления отсечкой топлива, прекращающего подачу топлива в двигатель внутреннего сгорания в ходе работы двигателя внутреннего сгорания,

причем устройство управления по току выполнено с возможностью уменьшения тока при условии того, что молекул воды, удерживаемых на анодном слое, становится меньше по количеству, когда начинается управление отсечкой топлива.

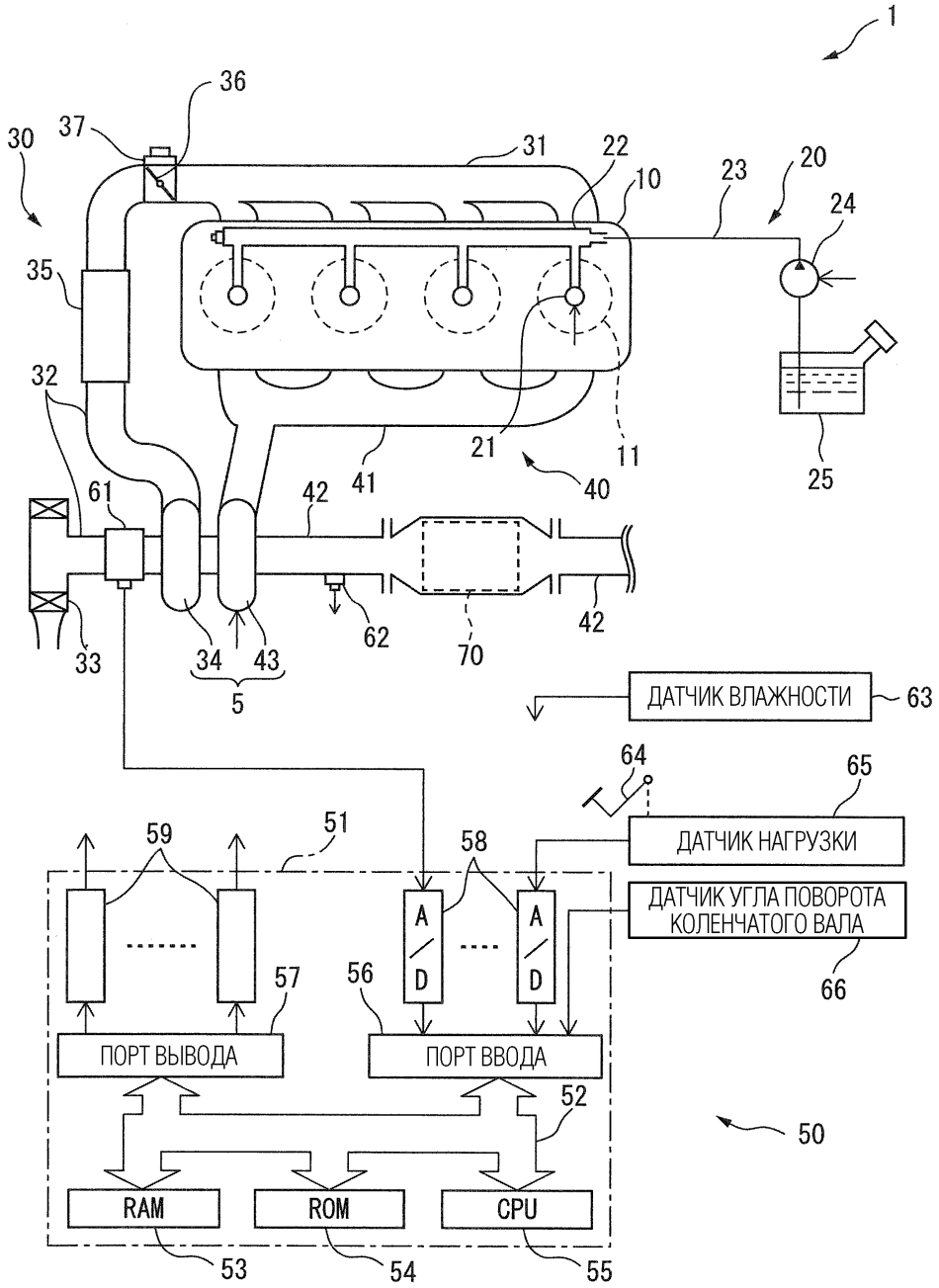
4. Двигатель внутреннего сгорания по п. 2 или 3, выполненный с возможностью обеспечения изменения воздушно-топливного соотношения воздушно-топливной смеси, подаваемой в двигатель внутреннего сгорания,

причем устройство управления по току выполнено с возможностью уменьшения тока при условии того, что молекул воды, удерживаемых на анодном слое, становится меньше по количеству, когда воздушно-топливное соотношение воздушно-топливной смеси изменяется в обедненную сторону.

1

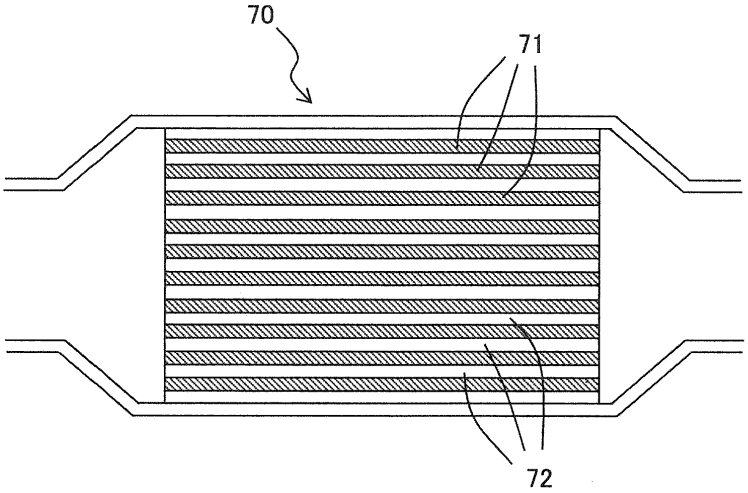
1/6

ФИГ. 1

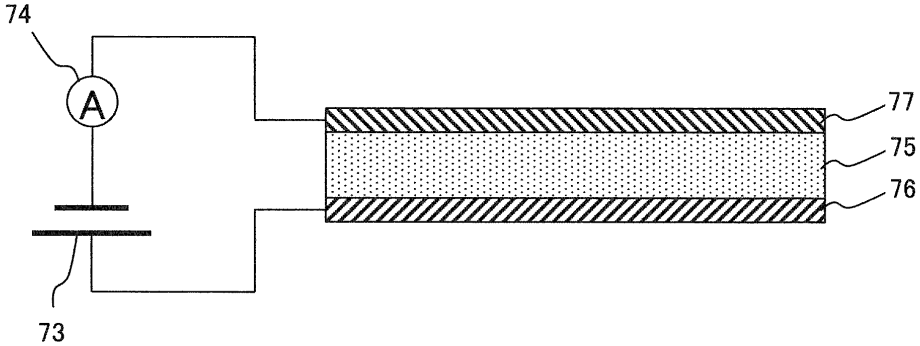

1
36
37
30
31
22
10
23
20
24
35
32
21
11
40
41
42
61
25
33
34
43
5
62
70
42
ДАТЧИК ВЛАЖНОСТИ
63
64
65
ДАТЧИК НАГРУЗКИ
59
51
58
ДАТЧИК УГЛА ПОВОРОТА КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА
A/D
A/D
57
56
66
ПОРТ ВЫВОДА
ПОРТ ВВОДА
52
50
RAM
ROM
CPU
53
54
55

2

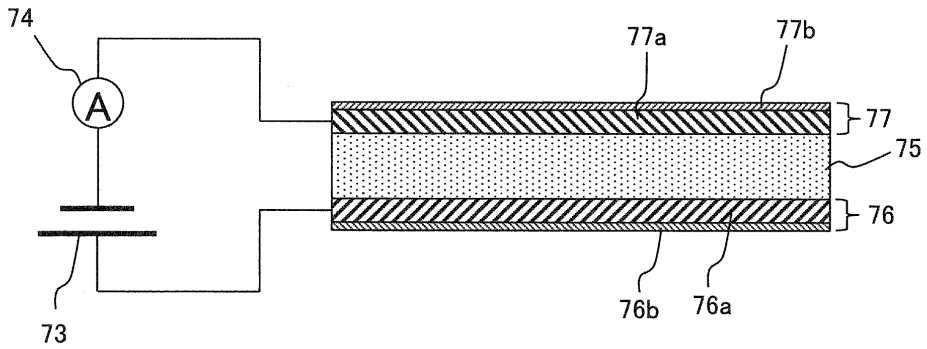
ФИГ. 2



ФИГ. 3

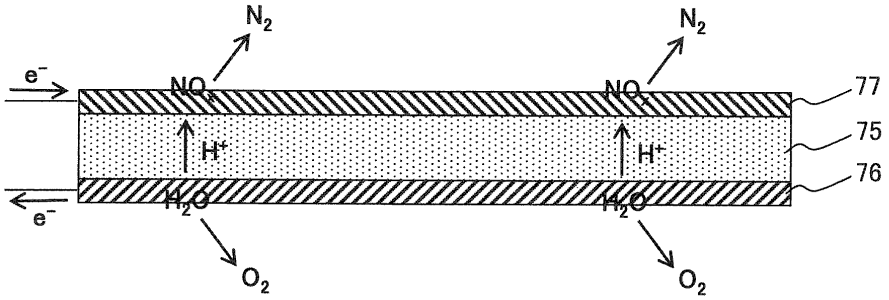


ФИГ. 4

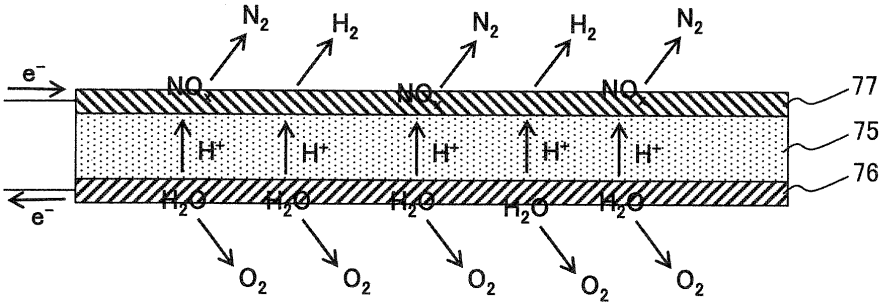


4

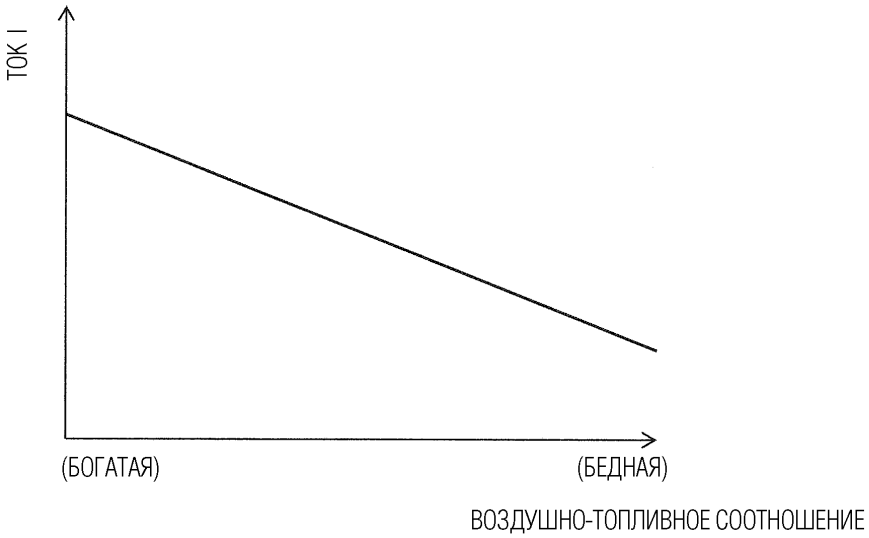
ФИГ. 5A


N2
N2
e−
NOx
NOx
77
H+
H+
75
76
H2O
H2O
e−
O2
O2

ФИГ. 5B

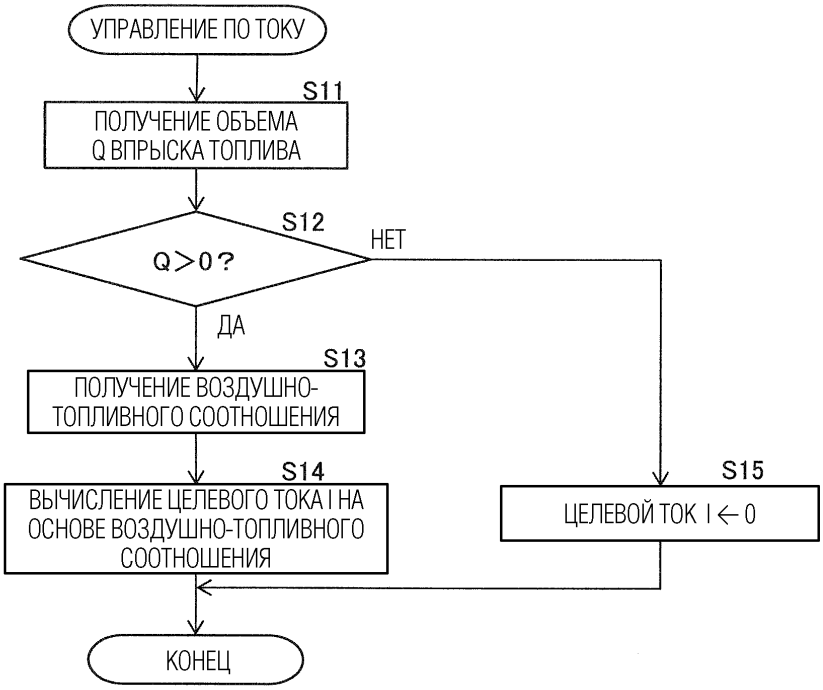

N2
H2
N2
H2
N2
e−
NOx
NOx
NOx
77
H+
H+
H+
H+
H+
75
76
H2O
H2O
H2O
H2O
H2O
e−
O2
O2
O2
O2
O2

ФИГ. 6



6

ФИГ. 7


УПРАВЛЕНИЕ ПО ТОКУ
S11
ПОЛУЧЕНИЕ ОБЪЕМА Q ВПРЫСКА ТОПЛИВА
S12
Q>0?
НЕТ
ДА
S13
ПОЛУЧЕНИЕ ВОЗДУШНО-ТОПЛИВНОГО СООТНОШЕНИЯ
S14
ВЫЧИСЛЕНИЕ ЦЕЛЕВОГО ТОКА I НА ОСНОВЕ ВОЗДУШНО-ТОПЛИВНОГО СООТНОШЕНИЯ
S15
ЦЕЛЕВОЙ ТОК I ← 0
КОНЕЦ