

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202393260

(13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2024.08.30

(51) Int. Cl. C01C 1/04 (2006.01)
C01B 3/02 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2023.12.15

(54) СИСТЕМА СИНТЕЗА АММИАКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ИСТОЧНИКА ВОДОРОДА И СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ЭТОЙ СИСТЕМОЙ

(31) 202310140551.7

(72) Изобретатель:

(32) 2023.02.13

Чжан Вэньбяо, Пэн Чаоцай, Цзя

(33) CN

Голян, Ван Лэй, Тан Чао, Сунь

(71) Заявитель:

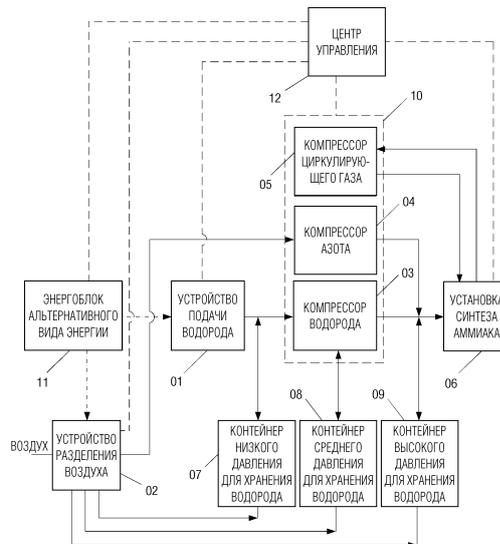
Лунлинь, У Линьлинь (CN)

САНГРОУ ХАЙДРОДЖЕН САЙ. ЭНД
ТЕК. КО., ЛТД (CN)

(74) Представитель:

Медведев В.Н. (RU)

(57) Изобретением обеспечивается система синтеза аммиака и способ управления этой системой. Система синтеза аммиака включает устройство подачи водорода, при этом устройство обеспечивает подачу пульсирующего количества водорода; контейнер для хранения водорода, предназначенный для хранения водорода, поданного устройством подачи водорода; и устройство подачи азота, сообщающееся с контейнером для хранения водорода и предназначенное для введения азота в контейнер для хранения водорода с целью поддержания в контейнере для хранения водорода стабильного давления. Устройство подачи азота пригодно для введения азота в контейнер для хранения водорода, таким образом, обеспечивается стабильное количество водорода; кроме этого, система синтеза аммиака может не только удовлетворять требованиям сценариев применения, в которых синтез-газ производится из традиционного сырья, но применима и в тех случаях, когда исходный водород для синтеза аммиака производят с использованием нестабильно вырабатываемой зеленой электроэнергии.



A1

202393260

202393260

A1

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

2420-579952EA/022

СИСТЕМА СИНТЕЗА АММИАКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ИСТОЧНИКА ВОДОРОДА И СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ЭТОЙ СИСТЕМОЙ

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

[0001] Настоящее изобретение относится к области синтетического аммиака, более конкретно, к системе синтеза аммиака с использованием пульсирующего источника водорода и к способу управления этой системой.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

[0002] В традиционных испытанных способах синтеза аммиака в качестве сырья для получения синтез-газа для производства аммиака предусматривается использование ископаемого сырья (угля, нефти, природного газа, остаточного газа нефтехимических процессов и т.п.), и этот источник синтез-газа относительно стабилен. В зависимости от параметров синтез-газа для производства аммиака (температуры, давления, расхода, состава и т.п.) процессом синтеза аммиака можно управлять в соответствии с технологическими требованиями.

[0003] В настоящее время в виду ускорения создания экологичной промышленности, стремления к эффективному энгерго- и ресурсосбережению, сокращению затрат и повышению экономичности, все большее внимание привлекают альтернативные технологии производства аммиака, например, синтез аммиака из водорода, произведенного с использованием зеленой электроэнергии. Однако устройство производства водорода с использованием зеленой электроэнергии является нестабильным источником водорода, что противоречит необходимому условию стабильной подачи водорода при традиционном синтезе аммиака. Следовательно, имеется техническая задача, состоящая в поиске путей преодоления указанной технической проблемы.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0004] В виду изложенного выше целью настоящего изобретения является обеспечение системы синтеза аммиака с использованием пульсирующего источника водорода и способа управления этой системой, которые, помимо удовлетворения требований сценариев применения, в которых синтез-газ производится из традиционного сырья, также приемлемы для сценариев применения, в которых источник водорода для синтеза аммиака является пульсирующим, например, сценариев применения, в которых исходный водород для синтеза аммиака производится с использованием нестабильно вырабатываемой зеленой электроэнергии (с регулярными или нерегулярными колебаниями), например, с использованием энергии ветра, фотоэлектрической энергии и гидроэнергии, и даже в случае, когда зеленая электроэнергия пульсирует в пределах всего диапазона нагрузки от 0 до 100%, может быть гарантировано стабильное производство синтетического аммиака.

[0005] Настоящим изобретением в одном из аспектов обеспечивается система синтеза аммиака с использованием пульсирующего источника водорода, включающая:

устройство подачи водорода, при этом устройство обеспечивает подачу пульсирующего количества водорода;

контейнер для хранения водорода, предназначенный для хранения водорода, поданного устройством подачи водорода;

устройство подачи азота, сообщающееся с контейнером для хранения водорода и предназначенное для введения азота в контейнер для хранения водорода с целью поддержания в контейнере для хранения водорода стабильного давления.

[0006] В одном из вариантов осуществления контейнер для хранения водорода включает множество контейнеров для хранения водорода при разном давлении, при этом количество контейнеров для хранения водорода составляет два или более; устройство подачи азота соединено с каждым из множества контейнеров для хранения водорода с целью поддержания стабильного давления в каждом из множества контейнеров для хранения водорода посредством дополнительного количества азота.

[0007] В одном из вариантов осуществления в множество контейнеров для хранения водорода входит контейнер низкого давления для хранения водорода, контейнер среднего давления для хранения водорода и контейнер высокого давления для хранения водорода.

[0008] В одном из вариантов осуществления система синтеза аммиака с использованием пульсирующего источника водорода дополнительно включает комбинированную компрессионную систему, и комбинированная компрессионная система включает, по меньшей мере, компрессор водорода; при этом компрессор водорода снабжен впуском газа, соединенным с устройством подачи водорода, и выпуском газа, соединенным с установкой синтеза аммиака.

[0009] В одном из вариантов осуществления изобретения контейнер низкого давления для хранения водорода соединен с выпуском водорода устройства подачи водорода; контейнер среднего давления для хранения водорода соединен с выпуском газа промежуточной ступени компрессора водорода; контейнер высокого давления для хранения водорода соединен с выпуском газа компрессора водорода.

[0010] В одном из вариантов осуществления устройство подачи азота предназначено для подачи азота через дно каждого из контейнеров для хранения водорода.

[0011] В одном из вариантов осуществления устройство подачи азота представляет собой устройство разделения воздуха, при этом устройство для разделения воздуха включает устройство производства азота и/или вспомогательную систему азота.

[0012] В одном из вариантов осуществления, в том случае, когда устройство подачи азота представляет собой устройство производства азота, имеется две траектории потока азота, отводимого из устройства производства азота, из которых одна траектория сообщается с контейнером для хранения водорода, а другая траектория выполнена с возможностью обеспечения источника азота для реакции синтеза аммиака.

[0013] В одном из вариантов осуществления контейнер низкого давления для

хранения водорода представляет собой вертикальный резервуар под давлением или сферический резервуар под давлением, при этом в трубопроводе между контейнером низкого давления для хранения водорода и впуском газа компрессора водорода водород может перемещаться в обоих направлениях для достижения одинакового давления.

[0014] В одном из вариантов осуществления контейнер среднего давления для хранения водорода представляет собой вертикальный контейнер высокого давления для хранения водорода, при этом водород может перемещаться в обоих направлениях между контейнером среднего давления и промежуточной ступенью компрессора водорода для достижения одинакового давления.

[0015] В одном из вариантов осуществления контейнер высокого давления для хранения водорода представляет собой пучок труб высокого давления для хранения водорода, при этом в трубопроводе между контейнером высокого давления для хранения водорода и выпуском газа компрессора водорода водород может перемещаться в обоих направлениях для достижения одинакового давления.

[0016] В одном из вариантов осуществления комбинированная компрессионная система дополнительно включает компрессор азота и компрессор циркулирующего газа, при этом компрессор азота снабжен впуском газа, соединенным с устройством подачи азота, и выпуском газа, соединенным с установкой синтеза аммиака; и компрессор циркулирующего газа предназначен для сжатия циркулирующего газа, отводимого из установки синтеза аммиака на рециркуляцию.

[0017] В одном из вариантов осуществления система синтеза аммиака с использованием пульсирующего источника водорода дополнительно включает центр управления, предназначенный для управления комбинированной компрессионной системой, устройством подачи азота и установкой синтеза аммиака.

[0018] В одном из вариантов осуществления система синтеза аммиака с использованием пульсирующего источника водорода применима для сценариев, включающих синтез аммиака генерацией водорода посредством новой энергии, синтез аммиака генерацией водорода посредством газопроизводства с неподвижным слоем, и синтез аммиака генерацией водорода посредством плазменной газификации.

[0019] В другом аспекте настоящим изобретением обеспечивается способ управления системой синтеза аммиака с использованием пульсирующего источника водорода. Система синтеза аммиака представляет собой систему, описанную выше в отношении любого из вариантов осуществления настоящего изобретения, и способ управления применяется к центру управления системы синтеза аммиака.

[0020] Способ управления включает стадии, на которых:

определяют, является ли давление в контейнере для хранения водорода системы синтеза аммиака меньшим, чем заданная величина давления; и

если давление в контейнере для хранения водорода меньше заданной величины, осуществляют управление устройством подачи азота системы синтеза аммиака с целью, прежде всего, подачи азота в контейнер для хранения водорода, после чего возвращаются

к стадии определения, является ли давление в контейнере для хранения водорода системы синтеза аммиака меньшим, чем заданная величина давления.

[0021] В одном из вариантов осуществления способа до стадии определения, является ли давление в контейнере для хранения водорода системы синтеза аммиака меньшим, чем заданная величина давления, способ дополнительно включает стадии, на которых:

определяют, является ли количество водорода, подаваемое устройством подачи водорода системы синтеза аммиака пульсирующим; и

если количество водорода, подаваемое устройством подачи водорода, является пульсирующим, осуществляют стадию определения, является ли давление в контейнере для хранения водорода системы синтеза аммиака меньшим, чем заданная величина давления.

[0022] В одном из вариантов осуществления способ управления дополнительно включает стадии, на которых:

определяют, является ли отношение количества водорода к количеству азота в потоках водорода и азота, подводимых в установку синтеза аммиака системы синтеза аммиака, большим, чем заданное отношение; и

если отношение количества водорода к количеству азота больше заданного, увеличивают количество азота, подаваемого устройством подачи азота в установку синтеза аммиака, в соответствии с тем, насколько отношение количества водорода к количеству азота отличается от заданного отношения.

[0023] В одном из вариантов осуществления, в том случае, если отношение количества водорода к количеству азота меньше заданного отношения, способ управления дополнительно включает стадии, на которых:

уменьшают количество азота, подаваемое устройством подачи азота в установку синтеза аммиака, в соответствии с тем, насколько отношение количества водорода к количеству азота отличается от заданного отношения.

[0024] В одном из вариантов осуществления в том случае, когда система синтеза аммиака включает компрессор азота, стадия увеличения или уменьшения количества азота, подаваемого устройством подачи азота в установку синтеза аммиака, включает:

увеличение или уменьшение рабочей нагрузки компрессора азота.

[0025] Настоящим изобретением обеспечивается система синтеза аммиака с использованием пульсирующего источника водорода, включающая: устройство подачи водорода, при этом подаваемое устройством подачи водорода количество водорода является пульсирующим; контейнер для хранения водорода, предназначенный для хранения водорода, подаваемого устройством подачи водорода; устройство подачи азота, сообщаемое с контейнером для хранения водорода и предназначенное для введения азота в контейнер для хранения водорода с целью поддержания в контейнере для хранения водорода стабильного давления. Благодаря наличию устройства подачи азота, предназначенного для введения азота в контейнер для хранения водорода с целью

поддержания в контейнере для хранения водорода стабильного давления, в системе синтеза аммиака поддерживается подача постоянного количества водорода. Кроме этого, устройство подачи водорода, обеспечивающее подведение пульсирующего количества водорода, может представлять собой, например, устройство подачи водорода, в котором для производства водорода используется зеленая электроэнергия, следовательно, система синтеза аммиака с использованием пульсирующего источника водорода, обеспечиваемая настоящим изобретением, может не только удовлетворять требованиям сценариев применения, в которых синтез-газ производится из традиционного сырья, но применима и в тех случаях, когда подача водорода для синтеза аммиака нестабильна, например, в тех сценариях применения, где исходный водород для синтеза аммиака производят с использованием нестабильно вырабатываемой зеленой электроэнергии (с регулярными или нерегулярными колебаниями), например, с использованием энергии ветра, фотоэлектрической энергии и гидроэнергии, и даже в случае, когда зеленая электроэнергия пульсирует в пределах всего диапазона нагрузки от 0 до 100%, может быть гарантировано стабильное производство синтетического аммиака. По сравнению с традиционным процессом синтеза аммиака с системой хранения газообразного водорода, в системе настоящего изобретения возможно достижение 100% использования газообразного водорода без декомпрессии, то есть, при использовании хранимого водорода отсутствуют потери давления, результатом чего является высокая эффективность в отношении технико-экономических и эксплуатационных параметров и экономичность технического обслуживания.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРЕТЖЕЙ

[0026] На фиг. 1 представлена схема системы синтеза аммиака с использованием пульсирующего источника водорода, соответствующей одному из вариантов осуществления настоящего изобретения; и

[0027] На фиг. 2-4 представлены, соответственно, технологические схемы трех вариантов способа управления системой синтеза аммиака с использованием пульсирующего источника водорода, соответствующей одному из вариантов осуществления настоящего изобретения.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ВАРИАНТОВ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0028] Техническое решение, лежащее в основе настоящего изобретения, далее ясно и подробно описано со ссылкой на варианты осуществления изобретения. Очевидно, что описанные варианты осуществления - это только часть, а далеко не все варианты осуществления изобретения. Все другие варианты осуществления, созданные специалистами в данной области техники без привлечения творческой активности на основании описанных вариантов осуществления настоящего изобретения, входят в объем защиты настоящего изобретения.

[0029] Система синтеза аммиака с использованием пульсирующего источника водорода, соответствующая настоящему изобретению, включает:

устройство подачи водорода, при этом устройство обеспечивает подачу

пульсирующего количества водорода;

контейнер для хранения водорода, предназначенный для хранения водорода, поданного устройством подачи водорода; и

устройство подачи азота, сообщающееся с контейнером для хранения водорода и предназначенное для введения азота в контейнер для хранения водорода с целью поддержания в контейнере для хранения водорода стабильного давления.

[0030] В одном из вариантов осуществления контейнер для хранения водорода, предпочтительно, включает множество контейнеров для хранения водорода при разном давлении, при этом количество контейнеров для хранения водорода, предпочтительно, больше или равно двум; устройство подачи азота соединено со множеством контейнеров для хранения водорода, соответственно, с целью поддержания стабильного давления в каждом из множества контейнеров для хранения водорода посредством дополнительного количества азота.

[0031] В одном из вариантов осуществления в множество контейнеров для хранения водорода, предпочтительно, входит контейнер низкого давления для хранения водорода, контейнер среднего давления для хранения водорода и контейнер высокого давления для хранения водорода.

[0032] В одном из вариантов осуществления система синтеза аммиака с использованием пульсирующего источника водорода, предпочтительно, дополнительно включает комбинированную компрессионную систему, и комбинированная компрессионная система включает, по меньшей мере, компрессор водорода; при этом компрессор водорода снабжен впуском газа, соединенным с устройством подачи водорода, и выпуском газа, соединенным с установкой синтеза аммиака.

[0033] В одном из вариантов осуществления контейнер низкого давления для хранения водорода соединен с выпуском водорода устройства подачи водорода; контейнер среднего давления для хранения водорода соединен с выпуском газа промежуточной ступени компрессора водорода; контейнер высокого давления для хранения водорода соединен с выпуском газа компрессора водорода.

[0034] В одном из вариантов осуществления устройство подачи азота предназначено для подачи азота через нижнюю часть каждого из контейнеров для хранения водорода.

[0035] В одном из вариантов осуществления устройство подачи азота представляет собой устройство разделения воздуха; в качестве альтернативы, устройство подачи азота может включать устройство разделения воздуха и устройство хранения азота; при этом устройство для разделения воздуха включает устройство производства азота и/или вспомогательную систему азота.

[0036] В одном из предпочтительных вариантов осуществления устройство подачи азота представляет собой устройство производства азота, и имеется две траектории потока азота, отводимого из устройства производства азота, из которых одна траектория сообщается с контейнером для хранения водорода, а другая траектория выполнена с

возможностью обеспечения источника азота для реакции синтеза аммиака.

[0037] Следует отметить, что в том случае, когда устройство подачи азота включает только устройство разделения воздуха, от устройства разделения воздуха отходит две траектории потока. В этом случае является предпочтительным, чтобы от каждого устройства разделения воздуха отходили две траектории. В том случае, когда устройство подачи азота включает устройство разделения воздуха и устройство хранения азота, две траектории потока могут отходить от устройства хранения азота и устройства разделения воздуха по отдельности. В этом случае является предпочтительным, чтобы одна соответствующая траектория отходила от каждого устройства в устройстве разделения воздуха.

[0038] В одном из вариантов осуществления контейнер низкого давления для хранения водорода представляет собой вертикальный резервуар под давлением или сферический резервуар под давлением; при этом в трубопроводе между контейнером низкого давления для хранения водорода и впуском газа компрессора водорода водород может перемещаться в обоих направлениях для достижения одинакового давления.

[0039] В одном из вариантов осуществления контейнер среднего давления для хранения водорода, предпочтительно, представляет собой вертикальный контейнер высокого давления для хранения водорода; при этом водород может перемещаться в обоих направлениях между контейнером среднего давления и положением между ступенями компрессора водорода для достижения одинакового давления.

[0040] В одном из вариантов осуществления контейнер высокого давления для хранения водорода представляет собой пучок труб высокого давления для хранения водорода; при этом в трубопроводе между контейнером высокого давления для хранения водорода и выпуском газа компрессора водорода водород может перемещаться в обоих направлениях для достижения одинакового давления.

[0041] В одном из вариантов осуществления комбинированная компрессионная система дополнительно включает компрессор азота и компрессор циркулирующего газа; при этом компрессор азота снабжен впуском газа, соединенным с устройством подачи азота, и выпуском газа, соединенным с установкой синтеза аммиака; и компрессор циркулирующего газа предназначен для сжатия циркулирующего газа, отводимого из установки синтеза аммиака на рециркуляцию.

[0042] В одном из вариантов осуществления система синтеза аммиака с использованием пульсирующего источника водорода дополнительно включает центр управления, предназначенный для управления комбинированной компрессионной системой, устройством подачи азота и установкой синтеза аммиака.

[0043] В соответствии с настоящим изобретением, система синтеза аммиака с использованием пульсирующего источника водорода применима для сценариев, включающих синтез аммиака генерацией водорода, посредством новой энергии, синтез аммиака генерацией водорода посредством газопроизводства с неподвижным слоем, и синтез аммиака генерацией водорода посредством плазменной газификации.

[0044] Благодаря наличию устройства подачи азота, предназначенного для введения азота в контейнер для хранения водорода с целью поддержания в контейнере для хранения водорода стабильного давления, в системе синтеза аммиака поддерживается подача постоянного количества водорода. Кроме этого, устройство подачи водорода, обеспечивающее подведение пульсирующего количества водорода, может представлять собой, например, устройство подачи водорода, в котором для производства водорода используется зеленая электроэнергия, следовательно, система синтеза аммиака с использованием пульсирующего источника водорода, обеспечиваемая настоящим изобретением, может не только удовлетворять требованиям сценариев применения, в которых синтез-газ производится из традиционного сырья, но применима и в тех случаях, когда подача водорода для синтеза аммиака нестабильна, например, в тех сценариях применения, где исходный водород для синтеза аммиака производят с использованием нестабильно вырабатываемой зеленой электроэнергии (с регулярными или нерегулярными колебаниями), например, с использованием энергии ветра, фотоэлектрической энергии и гидроэнергии, и даже в случае, когда зеленая электроэнергия пульсирует в пределах всего диапазона нагрузки от 0 до 100%, может быть гарантировано стабильное производство синтетического аммиака. По сравнению с традиционным процессом синтеза аммиака с системой хранения газообразного водорода, в системе настоящего изобретения возможно достижение 100% использования газообразного водорода без декомпрессии, то есть, при использовании хранимого водорода отсутствуют потери давления, результатом чего является высокая эффективность в отношении технико-экономических и эксплуатационных параметров и экономичность технического обслуживания.

[0045] Описанная выше система синтеза аммиака с использованием пульсирующего источника водорода далее пояснена дополнительно на примере системы синтеза аммиака из водорода, производимого с использованием зеленой электроэнергии.

[0046] Обратимся к фиг. 1, на которой приведена схема системы синтеза аммиака с использованием пульсирующего источника водорода, соответствующая одному из вариантов осуществления настоящего изобретения. Номером позиции 11 обозначен энергоблок альтернативного вида энергии, номером позиции 10 обозначена комбинированная компрессионная система, номером позиции 01 обозначено устройство подачи водорода, номером позиции 02 обозначено устройство разделения воздуха, номером позиции 03 обозначен компрессор водорода, номером позиции 04 обозначен компрессор азота, номером позиции 05 обозначен компрессор циркулирующего газа, номером позиции 06 обозначена установка синтеза аммиака, номером позиции 07 обозначен контейнер низкого давления для хранения водорода, номером позиции 08 обозначен контейнер среднего давления для хранения водорода, номером позиции 09 обозначен контейнер высокого давления для хранения водорода, и номером позиции 12 обозначен центр управления.

[0047] Таким образом, система синтеза аммиака с использованием пульсирующего

источника водорода в целом включает:

комбинированную компрессионную систему 10, при этом комбинированная компрессионная система 10 включает компрессор 03 водорода, компрессор 04 азота и компрессор 05 циркулирующего газа;

устройство 01 подачи водорода, соединенное со впуском газа компрессора 03 водорода;

энергоблок 11 альтернативного вида энергии, предназначенный для энергопитания устройства 01 подачи водорода;

устройство 02 разделения воздуха, соединенное со впуском газа компрессора 04 азота; при этом устройство 02 разделения воздуха снабжено впуском воздуха;

установку 06 синтеза аммиака, соединенную с выпуском газа компрессора 03 водорода и выпуском газа компрессора 04 азота, соответственно; при этом установка 06 синтеза аммиака снабжена выпуском циркулирующего газа и впуском циркулирующего газа, соединенными, соответственно, с компрессором 05 циркулирующего газа; и

контейнер 07 низкого давления для хранения водорода, контейнер 08 среднего давления для хранения водорода и контейнер 09 высокого давления для хранения водорода, соединенные, соответственно, с устройством 02 разделения воздуха; при этом контейнер 07 низкого давления для хранения водорода соединен с выпуском водорода устройства 01 подачи водорода, контейнер 08 среднего давления для хранения водорода соединен с выпуском газа промежуточной ступени компрессора 03 водорода, и контейнер 09 высокого давления для хранения водорода соединен с выпуском газа компрессора 03 водорода. То, что контейнер среднего давления для хранения водорода соединен с выпуском газа промежуточной ступени компрессора водорода, означает, что контейнер среднего давления для хранения водорода соединен с газопроводом, идущим от положения между ступенями компрессора водорода.

[0048] В системе синтеза аммиака с использованием пульсирующего источника водорода, обеспечиваемой настоящим изобретением, может быть решена проблема потери энергии во время хранения и применения водорода в процессе синтеза аммиака при производстве водорода с использованием нестабильно вырабатываемой зеленой электроэнергии.

[0049] В соответствии с настоящим изобретением, система синтеза аммиака с использованием пульсирующего источника водорода включает комбинированную компрессионную систему 10, устройство 01 подачи водорода, энергоблок 11 альтернативного вида энергии, устройство 02 разделения воздуха, установку 06 синтеза аммиака, контейнер 07 низкого давления для хранения водорода, контейнер 08 среднего давления для хранения водорода и контейнер 09 высокого давления для хранения водорода.

[0050] В соответствии с настоящим изобретением, система синтеза аммиака с использованием пульсирующего источника водорода снабжена компрессором 03 водорода, компрессором 04 азота и компрессором 05 циркулирующего газа; при этом в

компрессоре 03 водорода имеется указанный выше выпуск газа, выпуск газа и трубопровод двунаправленного потока для достижения одинакового давления. Впуск газа (впуск водорода) соединен с устройством 01 подачи водорода. Компрессор 04 азота снабжен впуском газа и выпуском газа, указанный выпуск газа (впуск азота) соединен с устройством 02 разделения воздуха. Компрессор 05 циркулирующего газа снабжен впуском циркулирующего газа и выпуском циркулирующего газа, при этом выпуск циркулирующего газа компрессора 05 циркулирующего газа соединен с выпуском циркулирующего газа установки 06 синтеза аммиака, и выпуск циркулирующего газа компрессора 05 циркулирующего газа соединен со впуском циркулирующего газа установки 06 синтеза аммиака.

[0051] В соответствии с настоящим изобретением, устройство 01 подачи водорода предназначено для производства водорода. В соответствии с настоящим изобретением, давление водорода, производимого устройством подачи водорода, лежит в диапазоне, предпочтительно, от 1,5 МПа до 4,5 МПа.

[0052] В соответствии с настоящим изобретением, энергоблок 11 альтернативного вида энергии предназначен для энергопитания устройства 01 подачи водорода. Энергоблок альтернативного вида энергии включает, помимо прочего, ветровой электрогенератор, фотоэлектрическую энергетическую систему или гидроэнергоблок.

[0053] Описанное выше производство водорода с использованием зеленой электроэнергии является нестабильным источником водорода, что противоречит необходимому условию стабильной подачи водорода при традиционном синтезе аммиака. Ключевым пунктом настоящего изобретения является обеспечение системы синтеза аммиака с использованием пульсирующего источника водорода, основанной на энергосберегающей, стабильной и надежной технологии хранения водорода, предназначенного для синтеза аммиака, с производством водорода с использованием зеленой электроэнергии и соответствующей экономией энергоресурсов, которая позволяет преодолеть имеющиеся технические проблемы и противоречия между нестабильностью производства водорода с использованием зеленой электроэнергии и требованием стабильной подачи водорода в традиционный процесс синтеза аммиака.

[0054] В соответствии с настоящим изобретением, устройство 02 разделения воздуха предназначено для производства азота и снабжено впуском воздуха и выпуском азота. Устройство 02 разделения воздуха соединено через выпуск азота со впуском газа компрессора 04 азота.

[0055] В соответствии с настоящим изобретением, устройство 02 разделения воздуха включает устройство производства азота и/или вспомогательную систему азота, при этом устройство производства азота предназначено для подачи азота в контейнер для хранения водорода и выпуск азота при нормальных условиях, а вспомогательная система азота предназначена для подачи азота в контейнер для хранения водорода и выпуск азота в том случае, когда устройство производства азота отключено, чтобы поддерживать нормальное функционирование системы синтеза аммиака.

[0056] В соответствии с настоящим изобретением, давление азота высокого давления после сжатия в компрессоре 04 азота лежит в диапазоне, предпочтительно, от 14 МПа до 22 МПа.

[0057] В соответствии с настоящим изобретением, установка 06 синтеза аммиака предназначена для производства аммиака и снабжена впуском водорода, впуском азота, выпуском циркулирующего газа и впуском циркулирующего газа, при этом установка 06 синтеза аммиака через впуск водорода соединена с выпуском газа компрессора 03 водорода и через впуск азота соединена с выпуском газа компрессора 04 азота; выпуск циркулирующего газа и впуск циркулирующего газа установки 06 синтеза аммиака соединены, соответственно, с компрессором 05 циркулирующего газа.

[0058] В соответствии с настоящим изобретением, контейнер 07 низкого давления для хранения водорода, контейнер 08 среднего давления для хранения водорода и контейнер 09 высокого давления для хранения водорода соединены, соответственно, с устройством 02 разделения воздуха. Контейнер 07 низкого давления для хранения водорода соединен с выпуском водорода устройства 01 подачи водорода, контейнер 08 среднего давления для хранения водорода непосредственно соединен с положением между ступенями компрессора 03 водорода, контейнер 09 высокого давления для хранения водорода соединен с выпуском газа компрессора 03 водорода. В том случае, когда давление в каждом из контейнеров: контейнере 07 низкого давления для хранения водорода, контейнере 08 среднего давления для хранения водорода и контейнере 09 высокого давления для хранения водорода меньше, чем давление в соответствующем соединительном трубопроводе, водород поступает в соответствующий контейнер для хранения водорода из соответствующего соединительного трубопровода до тех пор, пока давление в них не выровняется; в том случае, когда давление в соответствующем контейнере для хранения водорода выше, чем давление в соответствующем соединительном трубопроводе, водород поступает из соответствующего контейнера для хранения водорода в соответствующий соединительный трубопровод до тех пор, пока давление в них не выровняется.

[0059] В соответствии с настоящим изобретением, контейнер низкого давления для хранения водорода, предпочтительно, представляет собой вертикальный резервуар под давлением или сферический резервуар под давлением; давление в этом контейнере соответствует требованиям процессов производства водорода различных типов, например, АLK, PEM (электролизер с протонообменной мембраной), АМЕ и т.п. Диапазон давления для хранения водорода лежит в диапазоне от 1,5 МПа до 4,5 МПа. По трубопроводу между контейнером 07 низкого давления для хранения водорода и впуском газа компрессора 03 водорода водород может перемещаться в обоих направлениях для достижения одинакового давления.

[0060] В соответствии с настоящим изобретением, контейнер 08 среднего давления для хранения водорода представляет собой вертикальный контейнер высокого давления для хранения водорода. Водород среднего давления отводится из положением между

ступенями компрессора водорода системы синтеза аммиака, при этом давление, при котором хранится водород, лежит в диапазоне, предпочтительно, от 6 МПа до 12 МПа. Водород может перемещаться в обоих направлениях между контейнером 08 среднего давления и положением между ступенями компрессора 03 водорода для достижения одинакового давления. Следует понимать, что сжатие водорода в компрессоре 03 осуществляется, по меньшей мере, на двух ступенях.

[0061] В соответствии с настоящим изобретением, контейнер 09 высокого давления для хранения водорода представляет собой пучок труб высокого давления для хранения водорода. Давление водорода в нем соответствует техническим требованиям различных традиционных процессов синтеза аммиака. Давление, при котором хранится водород, лежит в диапазоне от 12 МПа до 22 МПа. В трубопроводе между контейнером 09 высокого давления для хранения водорода и выпуском газа компрессора 03 водорода водород может перемещаться в обоих направлениях для достижения одинакового давления.

[0062] В соответствии с настоящим изобретением, указанные контейнеры для хранения водорода высокого давления, среднего давления и низкого давления соединены друг с другом. Благодаря рациональному распределению доли хранимого водорода между устройствами с давлением трех уровней, а именно, водорода устройства подачи водорода (низкое давление), водорода промежуточной ступени компрессионной системы (среднее давление) и водорода системы синтеза аммиака (высокое давление) обеспечивается наиболее оптимальный с технической и экономической точек зрения способ хранения водорода, применимый для различных сценариев синтеза аммиака, гарантирующий не только техническую надежность синтеза аммиака из водорода, получаемого с использованием альтернативных источников энергии, но и оптимальную технико-экономическую эффективность. В реальных условиях производства хранение водорода при разном давлении позволяет эффективным образом решить проблему стабильности давления в системе, возникающую при производстве водорода электролитическим способом; сжатие водорода с целью использования в составе синтез-газа ослабляет влияние пульсаций в различных устройствах и оборудовании и, тем самым, увеличивает срок службы этих устройств.

[0063] В соответствии с настоящим изобретением, устройство 02 разделения воздуха может быть использовано для стабилизации подачи водорода, соответственно, из контейнера 07 низкого давления для хранения водорода, контейнера 08 среднего давления для хранения водорода и контейнера 09 высокого давления для хранения водорода путем введения азота, что осуществляется, предпочтительно, посредством устройства производства азота устройства 02 разделения воздуха.

[0064] В соответствии с настоящим изобретением, могут быть осуществлены следующие процессы. Процесс изобарического хранения водорода: в том случае, когда используется водород, хранящийся в контейнере, азот из устройства подачи азота, например, устройства 02 разделения воздуха подают в контейнер для хранения водорода

через его нижнюю часть с целью поддержания давления выпуска водорода, пользуясь тем, что плотность азота больше, чем плотность водорода, и, тем самым, добиваясь экономии энергии в процессе хранения и использования водорода. Кроме этого, азот, подаваемый в систему при изобарическом хранении водорода, в конце концов смешивается с водородом и поступает в установку 06 синтеза аммиака, а недостающее количество азота добавляют и тщательно регулируют при помощи компрессора 04 азота.

[0065] В соответствии с настоящим изобретением, система синтеза аммиака из водорода, производимого с использованием зеленой электроэнергии, с энергосберегающим изобарическим хранением водорода также включает центр 12 управления, предназначенный для отдельного управления функционированием комбинированной компрессионной системы 10, устройства 01 подачи водорода, энергоблока 11 альтернативного вида энергии, устройства 02 разделения воздуха и установки 06 синтеза аммиака.

[0066] Система синтеза аммиака с использованием пульсирующего источника водорода, обеспечиваемая настоящим изобретением характеризуется следующими положительными эффектами.

[0067] (1) В данной системе синтеза аммиака устранено противоречие между колебаниями подачи водорода, например, при нестабильном производстве водорода электролитическим способом с использованием альтернативных источников электроэнергии, и требованием стабильной подачи водорода в традиционный процесс синтеза аммиака; регулирование система синтеза аммиака обеспечивает более стабильное и гибкое функционирование.

[0068] (2) В данной системе синтеза аммиака эффективным образом решена проблема высокого энергопотребления, вызванного потерей давления в процессе хранения водорода, и проблема чрезвычайно высоких расходов на хранение энергии в химической форме (аккумулирующая электростанция; под хранением энергии в химической форме подразумевается аккумуляция электрохимической энергии, например, в батареях; себестоимость хранения электроэнергии в батареях выше по сравнению с хранением водорода, и затраты на процесс синтеза аммиака могут быть уменьшены за счет замены аккумуляции электрохимической энергии на энергоэффективное хранение водорода), существующие в отрасли синтеза аммиака, значительно уменьшена доля энергии, хранимой в химической форме, причем такая форма хранения даже может быть исключена совсем, благодаря чему существенно увеличивается технико-экономическая эффективность системы.

[0069] (3) В установке синтеза аммиака могут быть решены проблемы высоких инвестиций в оборудование для хранения водорода и низкой рентабельности из-за низкой плотности хранения водорода, обеспечиваемой современными общепринятыми технологиями хранения водорода низкого давления. Технология, объединяющая хранение водорода для устройства подачи водорода (низкое давление), промежуточного хранения водорода в компрессионной системе (среднее давление) и хранения водорода для системы

синтеза аммиака (высокое давление) может быть адаптирована к конкретным сценариям применения путем регулирования доли хранимого при разном давлении водорода.

[0070] (4) Помимо тех сценариев применения, где для синтеза аммиака применяется водород, производимый с использованием альтернативных источников энергии, техническое решение настоящего изобретения также применимо ко всем другим типам процессов синтеза аммиака с пульсирующими источниками водорода, например, синтеза аммиака из водорода, производимого в реакторе с неподвижным слоем, и синтез аммиака из водорода, производимого путем плазменной газификации.

[0071] Настоящим изобретением обеспечивается система синтеза аммиака с использованием пульсирующего источника водорода, включающая: устройство подачи водорода, при этом устройство обеспечивает подачу пульсирующего количества водорода; контейнер для хранения водорода, предназначенный для хранения водорода, поданного устройством подачи водорода; устройство подачи азота, сообщаемое с контейнером для хранения водорода и предназначенное для введения азота в контейнер для хранения водорода с целью поддержания в контейнере для хранения водорода стабильного давления. Система синтеза аммиака с использованием пульсирующего источника водорода, обеспечиваемая настоящим изобретением, может не только удовлетворять требованиям сценариев, в которых синтез-газ производится из традиционного сырья, но применима также и в тех случаях, когда количество водорода, подаваемого для синтеза аммиака, колеблется, например, в тех сценариях применения, в которых исходный водород для синтеза аммиака производят с использованием нестабильно вырабатываемой зеленой электроэнергии (с регулярными или нерегулярными колебаниями), например, с использованием энергии ветра, фотоэлектрической энергии и гидроэнергии, и даже в случае, когда зеленая электроэнергия пульсирует в пределах всего диапазона нагрузки от 0 до 100%, может быть гарантировано стабильное производство синтетического аммиака. По сравнению с традиционным процессом синтеза аммиака с системой хранения газообразного водорода, в системе настоящего изобретения возможно достижение 100% использования газообразного водорода без декомпрессии, то есть, при использовании хранимого водорода отсутствуют потери давления, результатом чего является высокая эффективность в отношении технико-экономических и эксплуатационных параметров и экономичность технического обслуживания.

[0072] Настоящим изобретением также обеспечивается техническое решение, заключающееся в способе управления системой синтеза аммиака с использованием пульсирующего источника водорода, при этом система синтеза аммиака представляет собой систему, описанную выше. Способ управления относится к центру управления системы синтеза аммиака.

[0073] На фиг. 2 показан конкретный вариант способа, включающий следующие стадии.

[0074] На стадии S110 определяют, является ли давление в контейнере для

хранения водорода системы синтеза аммиака меньшим, чем заданная величина давления.

[0075] Если давление в контейнере для хранения водорода меньше заданной величины, сначала осуществляют стадию S120, после чего возвращаются к стадии S110; если давление в контейнере для хранения водорода больше или равно заданной величине, осуществляют стадию S130.

[0076] Заданная величина давления соответствует величине давления в контейнере для хранения водорода в случае нормального функционирования системы синтеза аммиака, может быть установлена согласно реальной необходимости и имеет специфические ограничения, входящие в объем защиты настоящего изобретения.

[0077] На стадии S120 осуществляют управление устройством подачи азота системы синтеза аммиака с целью подачи азота в контейнер для хранения водорода.

[0078] На стадии S130 препятствуют подаче азота из устройства подачи азота системы синтеза аммиака в контейнер для хранения водорода.

[0079] Поскольку плотность азота больше плотности водорода, азот в контейнере для хранения водорода всегда находится на дне. Следовательно, поддерживая неизменным давление в контейнере для хранения водорода, азот не влияет на отведение водорода.

[0080] Настоящим изобретением также обеспечивается другое техническое решение, заключающееся в способе управления системой синтеза аммиака с использованием пульсирующего источника водорода, на фиг. 3 показан его конкретный вариант. Способ управления, соответствующий этому техническому решению, дополнительно включает следующие стадии, осуществляемые до описанной выше стадии S110.

[0081] На стадии S210 определяют, является ли количество водорода, подаваемое устройством подачи водорода системы синтеза аммиака, пульсирующим.

[0082] Если количество водорода, подаваемое устройством подачи водорода, колеблется, сначала осуществляют стадию S110; если количество водорода, подаваемое устройством подачи водорода, постоянно, стадию S110 не проводят.

[0083] В конкретных вариантах применения в том случае, когда энергоблок альтернативного вида энергии, соединенный с системой синтеза аммиака, работает стабильно с полной нагрузкой, количество водорода, подаваемое устройством подачи водорода, постоянно; и в том случае, когда энергоблок альтернативного вида энергии, соединенный с системой синтеза аммиака, работает с пониженной нагрузкой или отключен из-за неисправности, количество водорода, подаваемое устройством подачи водорода, колеблется.

[0084] Настоящим изобретением также обеспечивается другое техническое решение, заключающееся в способе управления системой синтеза аммиака с использованием пульсирующего источника водорода, конкретный вариант которого показан на фиг. 4. Это техническое решение дополнительно включает следующие стадии, базирующиеся на технических решениях, описанных выше.

[0085] На стадии S310 определяют, является ли отношение количества водорода к количеству азота в потоках водорода и азота, подводимых в установку синтеза аммиака системы синтеза аммиака, большим, чем заданное отношение.

[0086] Если отношение количества водорода к количеству азота больше заданного отношения, осуществляют стадию S320; если отношение количества водорода к количеству азота меньше или равно заданному отношению, осуществляют стадию S330.

[0087] На стадии S320, в зависимости от того, насколько отношение количества водорода к количеству азота отличается от заданного отношения, увеличивают количество азота, подаваемое устройством подачи азота в установку синтеза аммиака.

[0088] В реальных вариантах применения, если система синтеза аммиака включает компрессор азота, количество азота, подаваемое устройством подачи азота в установку синтеза аммиака, увеличивают путем увеличения рабочей нагрузки компрессора азота.

[0089] На стадии S330, в зависимости от того, насколько отношение количества водорода к количеству азота отличается от заданного отношения, уменьшают количество азота, подаваемое устройством подачи азота в установку синтеза аммиака.

[0090] В реальных вариантах применения, если система синтеза аммиака включает компрессор азота, количество азота, подаваемое устройством подачи азота в установку синтеза аммиака, может быть уменьшено путем снижения рабочей нагрузки компрессора азота.

[0091] Для дополнительного пояснения настоящего изобретения далее подробно описан один из вариантов его осуществления.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ВАРИАНТА ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0092] Обратимся к фиг. 1, на которой приведена схема системы синтеза аммиака с использованием пульсирующего источника водорода, соответствующая одному из вариантов осуществления настоящего изобретения; на этой фигуре номером позиции 11 обозначен энергоблок альтернативного вида энергии, номером позиции 10 обозначена комбинированная компрессионная система, номером позиции 01 обозначено устройство подачи водорода, номером позиции 02 обозначено устройство разделения воздуха, номером позиции 03 обозначен компрессор водорода, номером позиции 04 обозначен компрессор азота, номером позиции 05 обозначен компрессор циркулирующего газа, номером позиции 06 обозначена установка синтеза аммиака, номером позиции 07 обозначен контейнер низкого давления для хранения водорода, номером позиции 08 обозначен контейнер среднего давления для хранения водорода, номером позиции 09 обозначен контейнер высокого давления для хранения водорода, и номером позиции 12 обозначен центр управления.

[0093] (1) Описание технологического процесса:

[0094] Зеленую электроэнергию, вырабатываемую энергоблоком 11 альтернативного вида энергии, подают на устройство 01 подачи водорода и при помощи оборудования преобразования энергии и производства водорода получают соответствующий требованиям водород низкого давления (1,5 МПа). После поступления в

сферический контейнер 07 низкого давления для хранения водорода для промежуточного хранения, водород подают в компрессор 03 водорода комбинированной компрессионной системы 10, где его давление увеличивают до 8,5 МПа на первой ступени сжатия, затем подают в вертикальный контейнер 08 высокого давления для хранения водорода для промежуточного хранения, и подают на вторую ступень компрессора 03 водорода, где его давление увеличивают до 16,5 МПа, что соответствует давлению, необходимому для синтеза аммиака, после чего водород направляют в пучок 09 труб высокого давления для хранения водорода для промежуточного хранения и смешивают с азотом высокого давления (16,5 МПа), поступающим из устройства 02 разделения воздуха и сжатого в компрессоре 04 азота, смесь подают в установку 06 синтеза аммиака для проведения реакции синтеза аммиака и, наконец, получают аммиак (со степенью чистоты 99,9% вес. и выходом 99,98%).

[0095] Азот низкого давления (0,4 МПа), произведенный в устройстве 02 разделения воздуха, сжимают в компрессоре 04 азота комбинированной компрессионной системы 10, после чего смешивают с водородом высокого давления, поступающим из компрессора 03, и водородом, направленным на промежуточное хранение в пучок 09 труб высокого давления для хранения водорода, и после точного регулирования состава смеси полученный синтез-газ для производства аммиака подают в установку 06 синтеза аммиака. Азот, произведенный в устройстве 02 разделения воздуха, подают в нижнюю часть сферического контейнера 07 низкого давления для хранения водорода, вертикального контейнера 08 высокого давления для хранения водорода и пучок 09 труб высокого давления для хранения водорода, соответственно, своевременно добавляя азот в каждый из контейнеров для хранения водорода в случае, если нужно использовать водород, хранящийся в этом контейнере, для поддержания стабильного давления используемого водорода.

[0096] Реакция синтеза аммиака является циклической. Синтез-газ, однократно проходящий через реактор, превращается в аммиак лишь частично. Непреобразованный синтез-газ после отделения аммиака называется циркулирующим газом; циркулирующий газ возвращают в систему синтеза аммиака после сжатия в компрессоре 05 циркулирующего газа для повторного проведения реакции.

[0097] Контейнеры для хранения водорода низкого давления, среднего давления и высокого давления оборудованы всеобъемлющей и надежной системой индикации давления, позволяющей контролировать давление водорода в режиме реального времени.

[0098] (2) Энергоблок альтернативного вида энергии работает стабильно с полной нагрузкой:

[0099] Когда энергоблок 11 альтернативного вида энергии работает стабильно с полной нагрузкой, устройство 01 подачи водорода, устройство 02 разделения воздуха, комбинированная компрессионная система 10 и установка 06 синтеза аммиака также работают стабильно с полной нагрузкой; сферический контейнер 07 низкого давления для хранения водорода, вертикальный контейнер 08 высокого давления для хранения

водорода и пучок 09 труб высокого давления для хранения водорода заполнены водородом с соответствующим давлением, и вся система синтеза аммиака из водорода, производимого с использованием альтернативных источников энергии, работает со стабильным выходом продукта - аммиака. В условиях нормального стабильного функционирования системы вспомогательная система азота устройства 02 разделения воздуха находится в состоянии ненагруженного резерва, подача дополнительного азота в сферический контейнер 07 низкого давления для хранения водорода, вертикальный контейнер 08 высокого давления для хранения водорода и пучок 09 труб высокого давления для хранения водорода находится в состоянии отсечки.

[0100] (3) Энергоблок альтернативного вида энергии работает с пониженной нагрузкой:

[0101] Когда энергоблок 11 альтернативного вида энергии из режима работы с полной нагрузкой переходит в режим с пониженной нагрузкой (или пульсирующий режим), ключевое оборудование устройства 02 разделения воздуха также переходит в режим с пониженной нагрузкой, и для обеспечения стабильной подачи азота в систему начинает работать вспомогательная система азота устройства 02 разделения воздуха. Устройство 01 подачи водорода также переходит в режим с пониженной нагрузкой в соответствии с уровнем энергообеспечения. Запускаются системы пополнения азотом через нижнюю часть сферического контейнера 07 низкого давления для хранения водорода, вертикального контейнера 08 высокого давления для хранения водорода и пучка 09 труб высокого давления для хранения водорода с целью стабильного поступления водорода из каждого контейнера для хранения водорода в основную технологическую систему и, в конечном счете, обеспечения стабильного функционирования с полной нагрузкой комбинированной компрессионной системы 10 и установки 06 синтеза аммиака в течение некоторого времени, при этом период времени стабильного функционирования с полной нагрузкой зависит от емкости сферического контейнера 07 низкого давления для хранения водорода, вертикального контейнера 08 высокого давления для хранения водорода и пучка 09 труб высокого давления для хранения водорода.

[0102] Для обеспечения надежного и стабильного функционирования всей системы синтеза аммиака из водорода, произведенного с использованием альтернативных источников энергии, может быть изменена (автоматически или вручную) производственная нагрузка основной технологической системы, при которой система может стабильно работать длительное время.

[0103] (4) Режим остановки энергоблока альтернативного вида энергии из-за неисправности:

[0104] Когда в режиме полной нагрузки или пониженной нагрузки энергоблок 11 альтернативного вида энергии внезапно прекращает работу из-за неисправности, сигнал остановки поступает в центр 12 управления. В этом случае устройство 01 подачи водорода останавливается из-за отсутствия подвода энергии, и производство водорода

прекращается; основное оборудование устройства 02 разделения воздуха останавливается из-за отсутствия подвода энергии, начинает работать вспомогательная система азота устройства разделения воздуха, обеспечивающая стабильную подачу азота в систему в целом. Начинают работать системы пополнения азотом через нижнюю часть сферического контейнера 07 низкого давления для хранения водорода, вертикального контейнера 08 высокого давления для хранения водорода и пучка 09 труб высокого давления для хранения водорода с целью стабильного поступления водорода из каждого контейнера для хранения водорода в основную технологическую систему и обеспечения безопасного функционирования системы в целом. После получения сигнала о снижении нагрузки из центра управления, производственная нагрузка комбинированной компрессионной системы 10 и установки 06 синтеза аммиака может быть отрегулирована вплоть до полной безопасной остановки системы.

[0105] Возможно регулирование нагрузки системы синтеза аммиака в диапазоне от 100% до 70%. Когда содержание водорода в газе на выходе компрессора 03 становится меньше 95% об., центр 12 управления подает блокировочный сигнал остановки всей системы синтеза аммиака из водорода, производимого с использованием альтернативных источников энергии, после чего работа системы останавливается в безопасном режиме. В то время, когда производственная нагрузка системы синтеза аммиака снижается до состояния остановки, объем производства аммиака поддерживается на уровне более 70% номинального при степени чистоты 99,9% вес. и выходе 99,98%.

[0106] Следует отметить, что числовые диапазоны, указанные при описании вариантов осуществления изобретения, являются лишь конкретными примерами. В реальных вариантах применения числовые значения включают величины, указанные выше для примера, но ими не ограничиваются, зависят от конкретной ситуации и входят в объем защиты настоящего изобретения.

[0107] С помощью вышеприведенного описания специалисты в данной области могут претворить в жизнь или использовать настоящее изобретения. Естественно, специалисты могут внести множество изменений в описанные варианты осуществления изобретения. Определенный здесь общий принцип может быть применен в других вариантах осуществления, не выходящих за рамки существа или объема настоящей заявки. Следовательно, настоящее изобретение не ограничивается описанными вариантами его осуществления и определяется в максимально широком объеме согласно принципам и элементам новизны, раскрытым в настоящем документе.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система синтеза аммиака с использованием пульсирующего источника водорода, включающая:

устройство подачи водорода, причем пульсирующее количество водорода подается устройством подачи водорода;

контейнер для хранения водорода, выполненный с возможностью хранения водорода, поданного устройством подачи водорода;

устройство подачи азота, выполненное с возможностью сообщения с контейнером для хранения водорода для введения азота в контейнер для хранения водорода с целью поддержания в контейнере для хранения водорода стабильного давления.

2. Система синтеза аммиака по п. 1, в которой контейнер для хранения водорода содержит множество контейнеров для хранения водорода при разных давлениях, при этом количество контейнеров для хранения водорода составляет два или более; устройство подачи азота соединено с каждым из множества контейнеров для хранения водорода с целью обеспечения стабильного давления в каждом из множества контейнеров для хранения водорода посредством дополнительного количества азота.

3. Система синтеза аммиака по п. 2, в которой в множество контейнеров для хранения водорода входит контейнер низкого давления для хранения водорода, контейнер среднего давления для хранения водорода и контейнер высокого давления для хранения водорода.

4. Система синтеза аммиака по п. 3, дополнительно включающая:

комбинированную компрессионную систему, при этом комбинированная компрессионная система, по меньшей мере, содержит компрессор водорода; при этом компрессор водорода снабжен впуском газа, соединенным с устройством подачи водорода, и выпуском газа, соединенным с установкой синтеза аммиака.

5. Система синтеза аммиака по п. 4, в которой контейнер низкого давления для хранения водорода соединен с выпуском водорода устройства подачи водорода; контейнер среднего давления для хранения водорода соединен с выпуском газа промежуточной ступени компрессора водорода; контейнер высокого давления для хранения водорода соединен с выпуском газа компрессора водорода.

6. Система синтеза аммиака по п. 2, в которой устройство подачи азота выполнено с возможностью подачи азота через нижнюю часть каждого из множества контейнеров для хранения водорода.

7. Система синтеза аммиака по п. 1, в которой устройство подачи азота представляет собой устройство разделения воздуха, при этом устройство для разделения воздуха содержит устройство производства азота и/или вспомогательную систему азота.

8. Система синтеза аммиака по п. 7, в которой в том случае, когда устройство подачи азота представляет собой устройство производства азота, обеспечиваются две траектории потока азота, отводимого из устройства производства азота, из которых одна траектория сообщается с контейнером для хранения водорода, а другая траектория

выполнена с возможностью обеспечения источника азота для реакции синтеза аммиака.

9. Система синтеза аммиака по п. 4, в которой контейнер низкого давления для хранения водорода представляет собой вертикальный резервуар под давлением или сферический резервуар под давлением; при этом в трубопроводе между контейнером низкого давления для хранения водорода и впуском газа компрессора водорода водород может перемещаться в обоих направлениях для достижения одинакового давления.

10. Система синтеза аммиака по п. 4, в которой контейнер среднего давления для хранения водорода представляет собой вертикальный контейнер высокого давления для хранения водорода; при этом водород может перемещаться в обоих направлениях между контейнером среднего давления и положением между ступенями компрессора водорода для достижения одинакового давления.

11. Система синтеза аммиака по п. 4, в которой контейнер высокого давления для хранения водорода представляет собой пучок труб высокого давления для хранения водорода; при этом в трубопроводе между контейнером высокого давления для хранения водорода и выпуском газа компрессора водорода водород может перемещаться в обоих направлениях для достижения одинакового давления.

12. Система синтеза аммиака по п. 4, в которой комбинированная компрессионная система дополнительно содержит компрессор азота и компрессор циркулирующего газа, при этом компрессор азота снабжен впуском газа, соединенным с устройством подачи азота, и выпуском газа, соединенным с установкой синтеза аммиака; и компрессор циркулирующего газа выполнен с возможностью сжатия циркулирующего газа, отводимого из установки синтеза аммиака на рециркуляцию.

13. Система синтеза аммиака по п. 12, дополнительно содержащая центр управления, выполненный с возможностью управления комбинированной компрессионной системой, устройством подачи азота и установкой синтеза аммиака.

14. Система синтеза аммиака по одному из пп. 1-13, применимая для сценариев, включающих синтез аммиака генерацией водорода посредством новой энергии, синтез аммиака генерацией водорода посредством газопроизводства с неподвижным слоем, и синтез аммиака генерацией водорода посредством плазменной газификации.

15. Способ управления системой синтеза аммиака с использованием пульсирующего источника водорода, при этом система синтеза аммиака представляет собой систему синтеза аммиака по одному из пп. 1-14, и способ управления применяется к центру управления системы синтеза аммиака, при этом способ управления включает стадии, на которых:

определяют, является ли давление в контейнере для хранения водорода системы синтеза аммиака меньшим, чем заданная величина давления; и

если давление в контейнере для хранения водорода меньше заданной величины давления, осуществляют управление устройством подачи азота системы синтеза аммиака для, прежде всего, подачи азота в контейнер для хранения водорода, после чего возвращаются к стадии определения является ли давление в контейнере для хранения

водорода системы синтеза аммиака меньшим, чем заданная величина давления.

16. Способ управления по п. 15, в котором до стадии определения является ли давление в контейнере для хранения водорода системы синтеза аммиака меньшим, чем заданная величина давления, способ дополнительно включает стадии, на которых:

определяют, является ли количество водорода, подаваемое устройством подачи водорода системы синтеза аммиака, пульсирующим; и

если количество водорода, подаваемое устройством подачи водорода, пульсирует, осуществляют стадию определения, является ли давление в контейнере для хранения водорода системы синтеза аммиака меньшим, чем заданная величина давления.

17. Способ управления по п. 15 или 16, дополнительно включает стадии, на которых:

определяют, является ли отношение водорода к азоту в водороде и азоте, вводимых в установку синтеза аммиака системы синтеза аммиака, большим, чем заданное отношение; и

если отношение водорода к азоту больше заданного отношения, увеличивают количество азота, подаваемого устройством подачи азота в установку синтеза аммиака, в соответствии с тем, на сколько отношение водорода к азоту отличается от заданного отношения.

18. Способ управления по п. 17, в котором в том случае, когда отношение водорода к азоту меньше заданного отношения, способ управления дополнительно включает стадии, на которых:

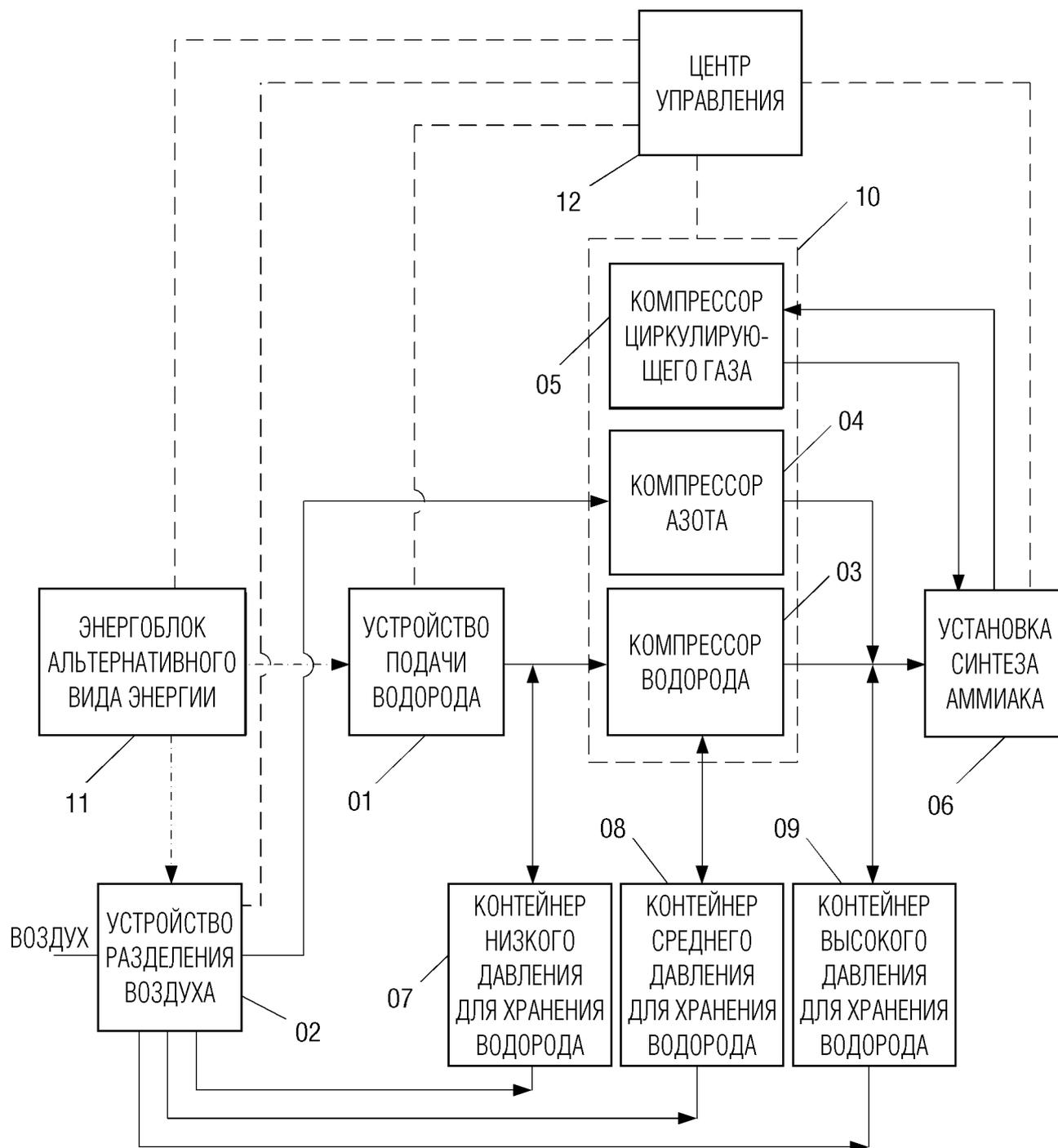
уменьшают количество азота, вводимое устройством подачи азота в установку синтеза аммиака, в соответствии с тем, на сколько отношение водорода к азоту отличается от заданного отношения.

19. Способ управления по п. 18, в котором в том случае, когда система синтеза аммиака содержит компрессор азота, стадия увеличения или уменьшения количества азота, подаваемого устройством подачи азота в установку синтеза аммиака, включает:

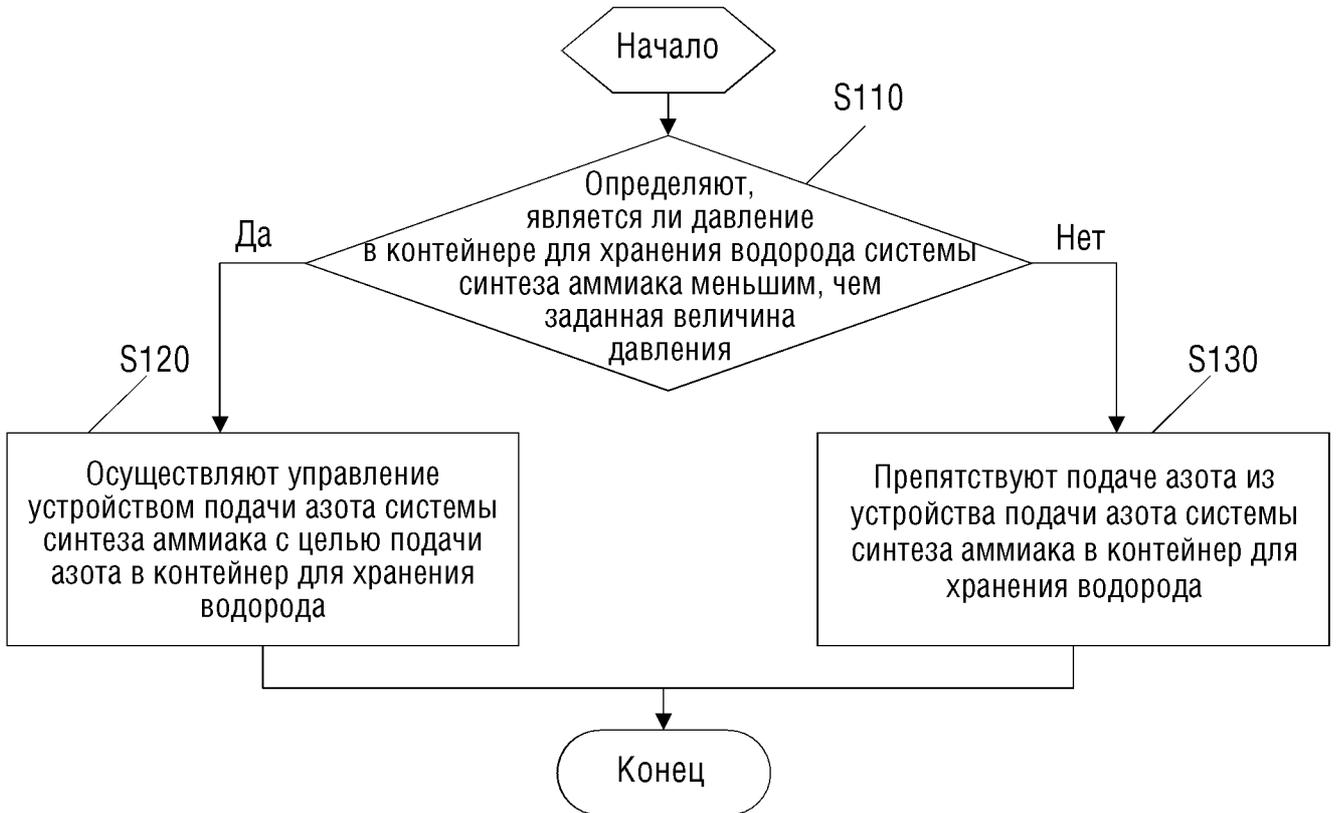
увеличение или уменьшение рабочей нагрузки компрессора азота.

По доверенности

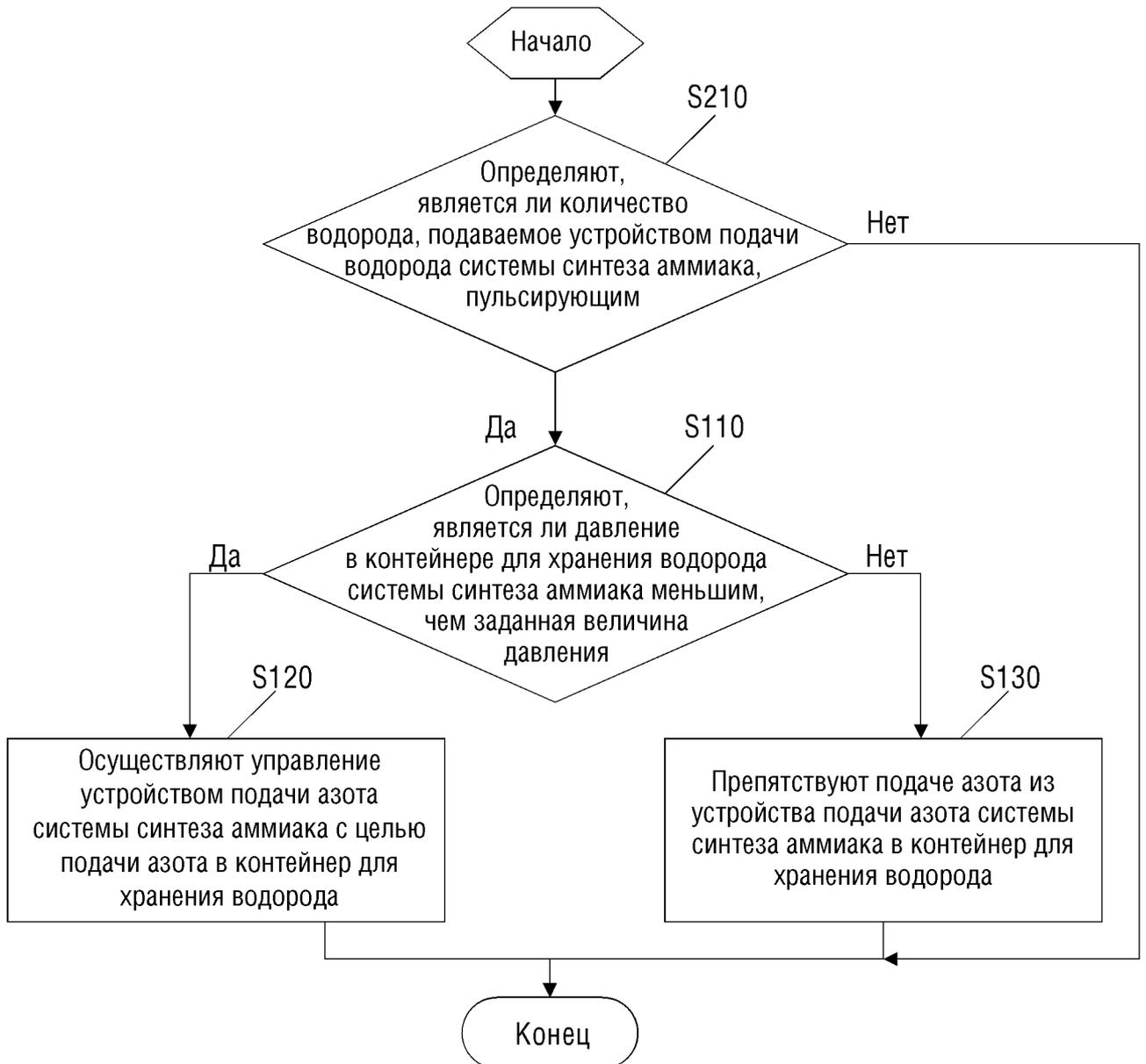
ФИГ.1



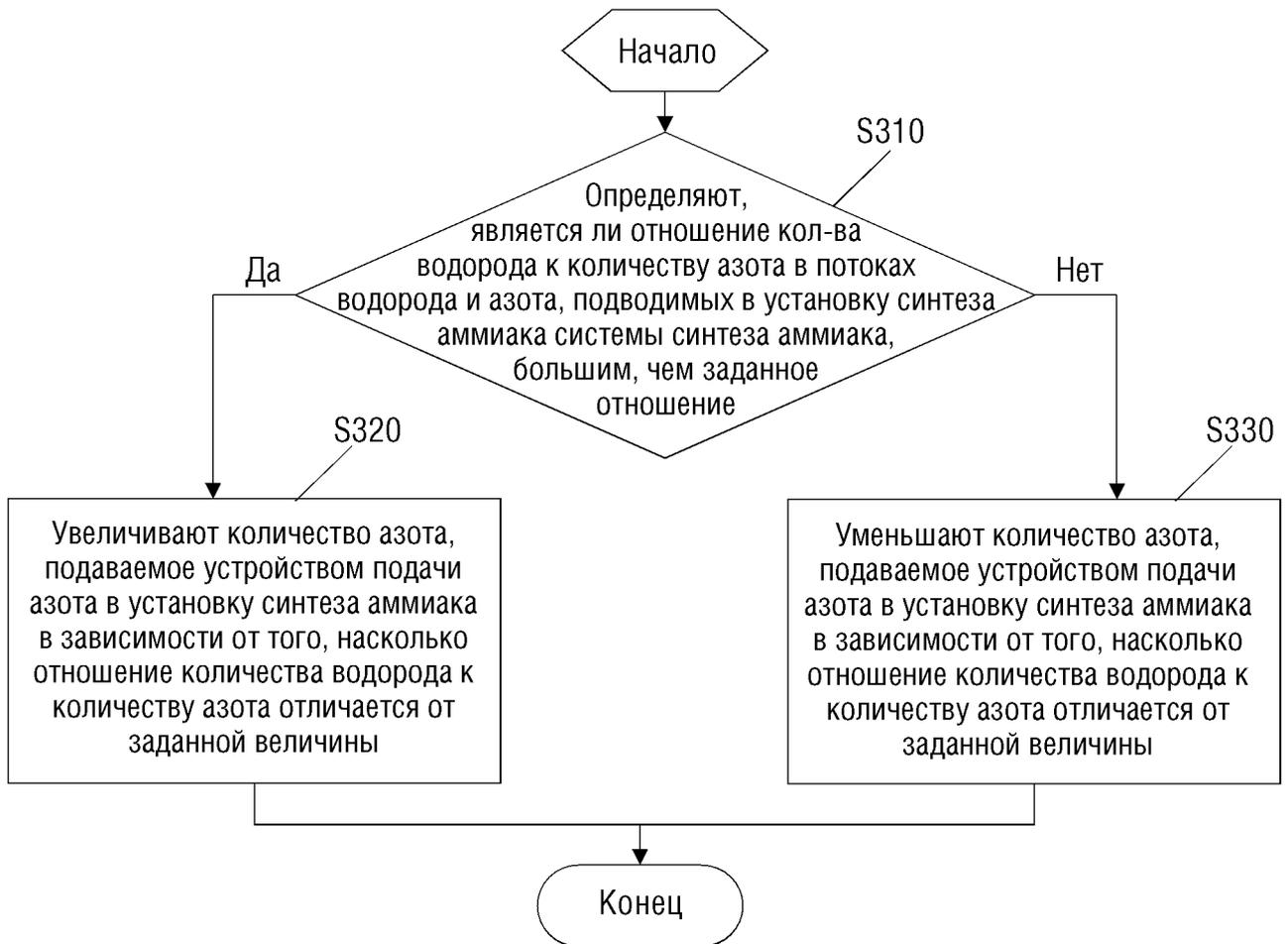
ФИГ.2



ФИГ.3



ФИГ.4



ОТЧЕТ О ПАТЕНТНОМ ПОИСКЕ

(статья 15(3) ЕАПК и правило 42 Патентной инструкции к ЕАПК)

Номер евразийской заявки:

202393260**А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:**

МПК:

C01C 1/04 (2006.01)
C01B 3/02 (2006.01)

СПК:

C01C 1/0417
C01C 1/0482
C01B 3/025**Б. ОБЛАСТЬ ПОИСКА:**

C01C 1/00, C01B 3/00, C01B 21/00, C25B

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если возможно, используемые поисковые термины)
Espacenet, EAPATIS, PatSearch, Google Patents, PATENTSCOPE**В. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ**

Категория*	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
A	US 20210340017 A1 ([JP] JGC CORPORATION) 2021-11-04 реферат	1 - 19
A	WO 2021089276 A1 (CASALE SA) 2021-05-14 реферат	1 - 19
A	EP 4124601 A1 (CASALE SA) 2023-02-01 реферат	1 - 19
A	US 20180209306 A1 ([DE] SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT) 2018-07-26 реферат	1 - 19
A	EP 4034503 A1 (TECHNISCHE UNIVERSITEIT DELFT) 2022-08-03 реферат	1 - 19

 последующие документы указаны в продолжении графы

* Особые категории ссылочных документов:

«А» - документ, определяющий общий уровень техники

«D» - документ, приведенный в евразийской заявке

«E» - более ранний документ, но опубликованный на дату подачи евразийской заявки или после нее

«O» - документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д.

"P" - документ, опубликованный до даты подачи евразийской заявки, но после даты испрашиваемого приоритета"

«Т» - более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения

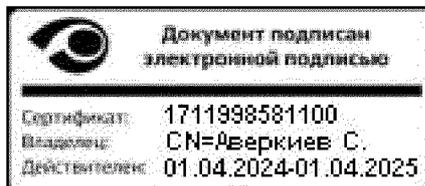
«X» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну или изобретательский уровень, взятый в отдельности

«Y» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий изобретательский уровень в сочетании с другими документами той же категории

«&» - документ, являющийся патентом-аналогом

«L» - документ, приведенный в других целях

Дата проведения патентного поиска: 09 апреля 2024 (09.04.2024)

Уполномоченное лицо:
Начальник Управления экспертизы

С.Е. Аверкиев