



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2010133532/06, 23.12.2008

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
23.12.2008

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
11.01.2008 EP 08100388.1

(43) Дата публикации заявки: 20.02.2012 Бюл. № 5

(45) Опубликовано: 27.12.2013 Бюл. № 36

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: EP 0537593 A1, 06.10.1992. WO 00/57990
A1, 05.10.2000. US 3628332 A, 06.05.1986. RU
2216633 C2, 20.11.2003. US 4899544 A,
13.02.1990. US 4942734 A, 27.06.1989.(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 11.08.2010(86) Заявка РСТ:
EP 2008/068212 (23.12.2008)(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2009/087060 (16.07.2009)

Адрес для переписки:

129090, Москва, ул. Б.Спасская, 25, стр.3,
ООО "Юридическая фирма Городисский и
Партнеры", пат.пов. С.А.Дорофееву,
рег.№ 146

(72) Автор(ы):

**СУТИЛЛ Чарльз (СН),
ШТАЙНБАХ Кристиан (СН),
ПФЕФФЕР Аллен Майкл (US),
ПЭЛИНК Филипп Жан-Мишель (FR),
ХОФФМАНН Юрген (СН)**

(73) Патентообладатель(и):

АЛЬСТОМ ТЕКНОЛОДЖИ ЛТД (СН)**(54) ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ С УЛАВЛИВАНИЕМ И СЖАТИЕМ CO₂**

(57) Реферат:

Изобретение относится к энергетике. Способ эксплуатации электростанции с системой управления и системой улавливания CO₂ характеризуется тем, что систему управления используют для управления электрической мощностью, передаваемой из электростанции в систему улавливания CO₂, причем мощность, потребляемую системой улавливания CO₂, используют в качестве

параметра управления для полезной выходной мощности электростанции, при этом полезную выходную мощность увеличивают путем управляемого уменьшения электрической мощности, потребляемой системой улавливания CO₂. Изобретение позволяет минимизировать влияние улавливания и сжатия CO₂ на производительность электростанции и улучшить эксплуатационные характеристики электростанции. 2 н. и 25 з.п. ф-лы, 4 ил.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION(21)(22) Application: **2010133532/06, 23.12.2008**(24) Effective date for property rights:
23.12.2008

Priority:

(30) Convention priority:
11.01.2008 EP 08100388.1(43) Application published: **20.02.2012 Bull. 5**(45) Date of publication: **27.12.2013 Bull. 36**(85) Commencement of national phase: **11.08.2010**(86) PCT application:
EP 2008/068212 (23.12.2008)(87) PCT publication:
WO 2009/087060 (16.07.2009)

Mail address:

**129090, Moskva, ul. B.Spaskaja, 25, str.3, OOO
"Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery",
pat.pov. S.A.Dorofeevu, reg.№ 146**

(72) Inventor(s):

**SUTILL Charl'z (CH),
ShTAJNBAKh Kristian (CH),
PFEFFER Allen Majkl (US),
PEhLINK Filipp Zhan-Mishel' (FR),
KhOFFMANN Jurgen (CH)**

(73) Proprietor(s):

AL'STOM TEKNOLODZhi LTD (CH)**(54) POWER PLANT WITH TRAPPING AND COMPRESSION OF CO₂**

(57) Abstract:

FIELD: power engineering.

SUBSTANCE: method of operation of a power plant with a system of control and a system of CO₂ trapping is characterised by the fact that the control system is used to control the electric power sent from the power plant into the CO₂ trapping system, besides, the power consumed by the system of CO₂ trapping is used as a control parameter for

load power of the power plant, at the same time the load power is increased by controlled reduction of electric power consumed by the system of CO₂ trapping.

EFFECT: invention makes it possible to minimise impact of CO₂ trapping and compression at efficiency of a power plant and to improve operating characteristics of a power plant.

27 cl, 4 dwg

Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение относится к электростанциям с улавливанием и сжатием CO_2 , а также к их эксплуатации.

Уровень техники

5 В последние годы стало очевидно, что образование парниковых газов приводит к глобальному потеплению и дальнейшее увеличение выработки парникового газа будет еще больше активизировать развитие глобального потепления. Так как CO_2 (диоксид углерода) идентифицирован в качестве основного вызывающего парниковый эффект газа, CCS (улавливание и хранение двуокиси углерода) рассматривается как
10 одна из потенциально основных мер по снижению выброса парниковых газов в атмосферу и контролю глобального потепления. В этом контексте CCS определяется как способ улавливания CO_2 , его сжатия, транспортировки и хранения. Улавливание определяется либо как процесс, при котором CO_2 извлекается из дымовых газов,
15 образующихся при сжигании топлива на углеродной основе, либо под этим подразумевается улавливание и переработка углерода перед сжиганием. В качестве части способа улавливания рассматривается регенерация каких-либо абсорбентов, адсорбентов или других средств для улавливания CO_2 , образованного углеродом из
20 дымового газа или из потока топливного газа. Имеется несколько возможных подходов к улавливанию CO_2 на электростанциях. Основными рассматриваемыми технологиями для улавливания CO_2 являются так называемое улавливание до сжигания, сжигание в кислороде, «химический поддув» кислорода и улавливание после сжигания.

25 Улавливание углерода до сжигания включает удаление из топлива перед его сжиганием всего содержащегося в нем углерода или его части. В случае природного газа это обычно осуществляется путем его реформинга с водяным паром, с последующей реакцией смещения для получения CO_2 и водорода. CO_2 может
30 улавливаться и удаляться из конечной газообразной смеси. Водород же может далее использоваться для производства энергии. Этот процесс также известен как способ получения синтез-газа или сингаза. Этот же подход может быть применен и для угля или любого органического топлива. Прежде всего топливо газифицируется, а затем
35 обрабатывается таким же образом, как и природный газ. Предусматривается применение этого метода в комбинации с IGCC (комбинированный цикл комплексной газификации).

Сжигание в кислороде (также известное как кислороднотопливное сжигание или горение в кислороде) представляет собой технологию, при которой сжигание угля или
40 другого органического топлива осуществляется в смеси кислорода и циркулирующего в замкнутом цикле CO_2 , а не в среде воздуха. Это приводит к получению дымового газа, состоящего из концентрированного CO_2 и пара. CO_2 может быть легко выделен из него конденсацией водяного пара, являющегося вторым продуктом этой реакции горения.

45 «Химический поддув» включает использование в качестве переносчика кислорода оксида металла, обычно оксида металла, переносящего кислород из поступающего в зону горения воздуха к топливу. Продуктами сгорания являются CO_2 , восстановленный оксид металла и пар. После конденсации водяного пара поток CO_2
50 может быть подвергнут сжатию для транспортировки и хранения.

Технологией CCS, считающейся в настоящее время наиболее близкой к полномасштабному промышленному применению, является улавливание после сжигания, объединенное со сжатием, транспортировкой и хранением. В технологии

улавливания после сжигания CO_2 извлекается из дымового газа. Оставшийся дымовой газ выпускается в атмосферу, а CO_2 сжимается для транспортировки и хранения. Существует несколько известных технологий улавливания CO_2 из дымового газа, таких как абсорбция, адсорбция, мембранное сепарирование и криогенное разделение.

Все известные технологии улавливания CO_2 и его сжатия требуют относительно больших затрат энергии. Имеется много публикаций, посвященных оптимизации различных способов и снижению потерь мощности и эффективности посредством внедрения этих способов на электростанциях.

Для CCS с улавливанием после сжигания этапы улавливания CO_2 и сжатия CO_2 для дальнейшей переработки, то есть транспортировки и хранения, являются двумя основными статьями потребления энергии.

EP 1688173 представляет пример улавливания после сжигания и способ снижения потерь выходной мощности благодаря поглощению CO_2 и, соответственно, регенерации абсорбирующей жидкости. Здесь предлагается для минимизации снижения выработки электроэнергии отбирать пар для регенерации абсорбента на различных стадиях паротурбинного цикла электростанции.

В том же контексте WO 2007/073201 предлагает использовать для регенерации абсорбента теплоту сжатия, которая выделяется при сжатии потока CO_2 .

Эти способы стремятся снизить потребляемую мощность специального оборудования для улавливания CO_2 , однако применение предлагаемого способа улавливания CO_2 будет всегда приводить к значительному снижению мощности станции, то есть максимальной мощности, которую электростанция сможет выдавать в энергосистему.

Первая попытка смягчения действия улавливания CO_2 на мощность электростанции описана в EP 0537593, описывающем электростанцию, на которой для улавливания CO_2 из дымовых газов используется абсорбент и в периоды высокого расхода энергии устройство регенерации выключается, а улавливание CO_2 в это время продолжается с помощью абсорбента, запасаемого в резервуаре для адсорбента. EP 0537593 описывает простой режим работы «включено-выключено» одного потребителя электроэнергии, входящего в состав оборудования для улавливания CO_2 . При относительно высокой стоимости он лишь немного улучшает эксплуатационную гибкость процесса.

Раскрытие изобретения

Основная задача настоящего изобретения состоит в том, чтобы оптимизировать способ эксплуатации электростанций с улавливанием и сжатием CO_2 и предложить электростанцию с улавливанием и сжатием CO_2 , предназначенную для работы согласно оптимизированному способу эксплуатации.

Одна цель состоит в том, чтобы снизить воздействие CCS (улавливание и хранение двуокси углерода) на рабочие характеристики электростанции посредством применения гибкого способа работы оборудования для улавливания CO_2 и компрессорной установки. В частности, минимизируется влияние улавливания и сжатия CO_2 на мощность электростанции, то есть максимизируется количество электроэнергии, которое электростанция оказывается в состоянии выдать в энергосистему. Кроме того, также будет снижаться влияние улавливания и сжатия CO_2 на среднюю производительность станции.

В этой связи предлагается способ эксплуатации электростанции с улавливанием и сжатием CO_2 и электростанция для осуществления указанного способа.

Сущность изобретения заключается в способе эксплуатации электростанции, в котором энергию, потребляемую системой улавливания CO_2 , используют для управления полезной отдаваемой мощностью электростанции. Применительно к
5 настоящему изобретению, система улавливания CO_2 определяется как взятый в целом блок улавливания CO_2 плюс компрессорная установка со всеми их вспомогательными устройствами. Кроме того, в качестве потребляемой мощности системы улавливания рассматриваются электрическая потребляемая мощность, механическая потребляемая
10 мощность (как, например, в механических приводах компрессора CO_2), а также потребление горячего пара, который в ином случае может быть преобразован в паровой турбине в электрическую энергию. Этот способ регулирования обеспечивает дополнительную гибкость в дополнение к действующей системе управления электростанции. Благодаря интеграции системы CO_2 в электростанцию с
15 использованием этого способа тепловая нагрузка электростанции может сохраниться постоянной в течение длительных периодов функционирования. Предпочтительно электростанция может действовать в течение длительных периодов времени в базовом режиме эксплуатации. Влиянием изменений тепловой нагрузки, вызываемых изменениями в условиях окружающей среды, в этом обсуждении пренебрегают. Кроме
20 того; может быть достигнута эффективность работы электростанции близкая или соответствующая оптимальной, в результате чего номинальная производительность электростанции может быть значительно увеличена. Большинство воплощений настоящего изобретения может быть реализовано с очень небольшими или совсем
25 безо всяких дополнительных затрат.

Полезная отдаваемая мощность электростанции может изменяться посредством использования периодического режима работы оборудования для улавливания CO_2 и компрессорной установки или же способом работы, при котором оборудование для улавливания CO_2 и компрессорная установка действуют со сниженной
30 производительностью.

Для регулирования мощности, потребляемой на улавливание и сжатие CO_2 , возможны несколько подходов.

При первом подходе оборудование для улавливания и сжатия CO_2 или его основные потребляющие энергию узлы могут просто выключаться на время высокого
35 потребления энергии (см. фиг.1). Отделение CO_2 , вне зависимости от выбранной технологии, приостанавливается и электростанция действует как обычная электростанция с выпуском CO_2 с дымовыми газами. Соответственно, никакого сжатия CO_2 с его паразитным в данном случае расходом энергии не требуется.

Операции по улавливанию и сжатию CO_2 могут выполняться на основе принципов оптимизации затрат и соблюдения положений разрешения на эксплуатацию: как
40 только цена/польза от улавливания и сжатия CO_2 начинает превышать выгоду, получаемую от дополнительной выработки электроэнергии, процессы улавливания и сжатия CO_2 приводятся в действие, и наоборот. Помимо этого, улавливание и сжатие
45 CO_2 постоянно находятся в режиме эксплуатации все то время, которое требуется согласно нормативным указаниям и разрешениям.

Помимо работы в простом режиме «включено-выключено», в периоды высокого расхода энергии предлагается снижение номинальной производительности или работа
50 оборудования для улавливания и сжатия CO_2 с частичной нагрузкой. Как следствие, степень улавливания в такие периоды времени будет обычно снижаться. Затраты в расчете на тонну уловленного и сжатого CO_2 являются функцией степени

улавливания, которая представляет собой отношение CO_2 , уловленного из дымовых газов, к общему количеству вырабатываемого электростанцией CO_2 . Оптимум, или минимум затрат на тонну уловленного и сжатого CO_2 , согласно оценкам, обеспечивается при степени улавливания в диапазоне от 70% до 90% (фиг.4).

Рассчитано, что при степени улавливания, превышающей приблизительно 90%, происходит резкое увеличение затрат, при том что минимум оказывается представлен относительно пологой кривой в области, соответствующей более низким степеням улавливания. Поэтому режим работы при степенях улавливания ниже проектных не будет приводить к значительному увеличению эксплуатационных расходов. Однако снижение расходов энергии на улавливание и сжатие CO_2 в периоды максимальной нагрузки будет вести к существенному увеличению прибыли, так как цена на электроэнергию в периоды пикового потребления может существенно возрасть. Гибкость режима эксплуатации оборудования для улавливания и сжатия также увеличивает номинальную производительность и конкурентоспособность электростанций с улавливанием и сжатием CO_2 . Это делает возможным, помимо проектов простых опытных установок, более скорое выведение на конкурентный энергетический рынок электростанций такого типа.

Далее с использованием примера абсорбции CO_2 обсуждается гибкий способ эксплуатации при улавливании и сжатии CO_2 . Аналогичный способ применим и для способа улавливания CO_2 , который состоит в адсорбции CO_2 , регенерации адсорбента и сжатии уловленного CO_2 . Эксплуатационные концепции, основывающиеся на таком принципе, возможны для всех способов улавливания CO_2 .

Способ действий по улавливанию и сжатию CO_2 , который состоит из абсорбции CO_2 , регенерации абсорбента и сжатия уловленного CO_2 , предоставляет три возможных варианта увеличения гибкости работы электростанции. Они могут выполняться один за другим или же все вместе одновременно. Это:

1. отключение или работа установки сжатия CO_2 с пониженной производительностью,
2. отключение или работа с пониженной производительностью регенерационной установки,
3. отключение или работа с пониженной производительностью абсорбционного агрегата.

При том, что уже первый вариант приводит к значительному снижению паразитного потребления мощности, он все же будет влечь за собой выпуск CO_2 в атмосферу в течение очень короткого промежутка времени, поскольку нельзя экономичным образом сохранять большие объемы несжатого CO_2 . Для безопасного сброса уловленного CO_2 он может, например, смешиваться с дымовыми газами в технологической цепочке вслед за абсорбирующим CO_2 агрегатом и выпускаться через дымовую трубу электростанции.

Дальнейшее существенное снижение паразитного потребления мощности может быть реализовано с использованием второго варианта. Регенерация обычно выполняется «варкой» абсорбента, которая означает нагревание абсорбента паром для высвобождения CO_2 . Вследствие этого пар перестает быть пригодным для выработки электроэнергии. Как только регенерация в период пикового расхода энергии приостанавливается, избыточный пар становится доступным для выработки электроэнергии.

Третий вариант, при котором также приостанавливается процесс поглощения,

приводит к дальнейшему снижению потребления энергии на собственные нужды. Это снижение потребляемой мощности значительно более мало, чем экономия, достигаемая при первых двух вариантах.

5 Существуют различные варианты реализации способов работы оборудования при частичной нагрузке. Например, массовый расход установки сжатия CO_2 может быть
снижен с помощью контрольного устройства, такого как входной направляющий
аппарат. В случае компрессорной установки, состоящей из двух или более
10 параллельных компрессорных линий, очевидно, что отключение по меньшей мере
одного компрессора, также приведет к снижению мощности, потребляемой
установкой для сжатия CO_2 . В случае двух параллельных компрессорных линий,
функционирующих на полную мощность, отключение одной компрессорной линии
вызовет снижение потребления энергии на 50%, но также приведет к тому, что 50%
15 уловленного CO_2 не смогут быть сжаты и в общем случае будут отведены через
дымовую трубу. В качестве варианта может быть снижена степень ресорбции. Это
может быть выполнено, например, уменьшением потока абсорбента, проходящего
через установку регенерации, пропуская остальной поток по обводной линии и
смешиванием двух потоков до их поступления в абсорбционный агрегат. Поскольку
20 через регенерационную установку проходит только часть потока, количество
требуемого для регенерации пара снижается, и избыточный пар может использоваться
для выработки электроэнергии. В результате смешивания подвергнутого
восстановлению абсорбента с нерегенерированным абсорбентом способность
конечной смеси к абсорбированию CO_2 снижается, из дымовых газов улавливается
25 меньшая доля содержащегося в них CO_2 и меньше CO_2 выпускается из
регенерационной установки для сжатия. Поскольку способ, при котором CO_2 сначала
улавливается, а потом направляется по обводной линии, не слишком экономичен,
предлагается одновременное снижение производительности всех компонентов систем
30 улавливания.

Выполнение самого процесса абсорбции без дальнейших мер не имеет никакого
смысла, поскольку абсорбент в обычных устройствах будет быстро насыщаться и не
сможет больше захватывать CO_2 .

35 Здесь вступает в действие следующее воплощение данного изобретения,
направленное на то, чтобы еще больше увеличить гибкость электростанции и способа
улавливания и сжатия CO_2 со сниженным или полностью отсутствующим
воздействием на выпуск CO_2 . Для того, чтобы сделать возможным дальнейшее
улавливание CO_2 без регенерации и сжатия CO_2 , предлагается осуществление процесса
40 улавливания с запасанием абсорбента.

При таком режиме работы CO_2 захватывается абсорбентом, который берется из
накопительной емкости для абсорбента, и не подвергается регенерации, а
рециркулирует в емкость для абсорбента или сохраняется в резервуаре для
45 насыщенного абсорбента.

Как следствие, не только требуется достаточная по размерам накопительная
емкость, но также предлагается регенерационная установка, обладающая
повышенной производительностью. В общем случае производительность
регенерационной установки должна быть такой, чтобы восстанавливать потоки
50 абсорбента при работе электростанции, а также иметь дополнительную мощность для
регенерации насыщенного абсорбента, запасаемого в периоды пикового потребления
энергии. Размер регенерационной установки зависит от ожидаемого рабочего
профиля. Например, если в данный 24-часовой эксплуатационный период высокий

расход энергии ожидается на протяжении 1 часа, в период низкого потребления энергии для восстановления всего насыщенного абсорбента требуется избыточная производительность, близкая к 5%. Избыточная производительность регенерационной установки может не требоваться в случае, когда профиль работы электростанции предусматривает продолжительную работу электростанции при частичной нагрузке, во время которой запасенный абсорбент может быть восстановлен.

Работа в режиме оптимизации мощности и избыточная производительность регенерационных установок позволяют оптимизировать эффективность функционирования электростанции. Производительность электростанции наиболее высока при ее работе в режиме, близком к базовому режиму эксплуатации. За исключением периодов пикового потребления энергии, в периоды низкого энергопотребления электростанции в общем случае должны функционировать с неполной нагрузкой и, следовательно, вынуждены работать с пониженной эффективностью. Предложенная новая эксплуатационная концепция, использующая преимущество дополнительной гибкости при отдаче мощности в энергосистему, обеспечиваемой посредством регулирования энергопотребления системы улавливания CO₂, делает возможным эксплуатацию электростанции в ее оптимальном режиме. Эта гибкость дополнительно повышается при использовании регенерационных установок, имеющих запас по производительности, поскольку это предоставляет оператору электростанции возможность увеличивать полную мощность и использовать избыточную энергию для регенерации абсорбента и, благодаря этому, также увеличивать производительность электростанции в периоды низкого потребления мощности энергосистемой.

Дополнительная выгода от варьирования потребляемой системой улавливания CO₂ мощности в соответствии с изменениями потребностей энергосистемы заключается в возможности эксплуатации электростанции при постоянной нагрузке, что позволяет избегать колебаний нагрузки в зависимости от полной мощности и следующих из этого термических напряжений и износа.

Одним конкретным применением режима работы с отключением улавливания и сжатия CO₂ является демонстрация так называемого резерва мощности. Резерв мощности - это дополнительная мощность помимо нормальной мощности базового режима эксплуатации, которая может выдаваться тогда, когда это требуется. Для многих энергосистем удобно, когда электростанция может представлять резерв мощности, который может быть задействован в случае внезапного повышения потребления или в случае, когда другие электростанции должны снизить свою мощность или даже приостановить работу из-за вынужденного отключения. Способность демонстрировать резерв мощности является хозяйственно-ценной. В зависимости от конкретной энергосистемы, может потребоваться, чтобы некоторые электростанции для сохранения резерва мощности действовали при неполной нагрузке, например, при 90% нагрузке. Работа при 90% нагрузке может привести к снижению эффективности и увеличивает капитальные издержки и эксплуатационные расходы в расчете на мегаватт произведенной энергии.

Для некоторых энергосистем возможность подачи пиковой мощности может также предлагаться как так называемый «горячий резерв». В качестве горячего резерва обычно рассматривают любую резервную мощность по производству энергии, которая может быть сделана доступной для системы передачи электроэнергии в течение десяти минут и которая после пуска может действовать в непрерывном режиме в течение по меньшей мере двух часов.

Следующей целью настоящего изобретения является работающая на углеродном топливе тепловая электростанция с системой улавливания CO_2 , предназначенная для работы согласно описанному гибкому способу эксплуатации.

Одним воплощением изобретения является действующая на углеродном топливе электростанция, которое имеет по меньшей мере один поток отходящих газов. Электростанция в соответствии с настоящим изобретением в дополнение к обычному известному в области энергетики оборудованию в общем случае включает блок улавливания CO_2 , предназначенный для улавливания CO_2 из потока дымового газа, и компрессорную установку. Блок улавливания обычно включает оборудование для улавливания, в котором CO_2 извлекается из дымового газа, регенерационную установку, в которой CO_2 выделяется из абсорбента, адсорбент или другое средство для связывания CO_2 из дымового газа и систему очистки, предназначенную для обработки CO_2 перед транспортировкой. Компрессорная установка состоит из по меньшей мере одного компрессора для сжатия CO_2 . В общем случае компрессорная установка состоит также из по меньшей мере одного холодильного или теплообменного устройства, предназначенного для доохлаждения сжатого CO_2 в процессе и/или после завершения сжатия.

Чтобы сделать возможным функционирование согласно предложенной эксплуатационной концепции, паровая турбина электростанции предназначена для преобразования максимальных количеств пара в энергию, которая может вырабатываться электростанцией с выключенной системой улавливания CO_2 .

В следующем воплощении генератор и электрооборудование предназначены для преобразования в электроэнергию максимальной мощности, которая вырабатывается с выключенной системой улавливания CO_2 , и для передачи этой электроэнергии в энергосистему.

С целью содействия описанному выше режиму работы такой электростанции оно может, кроме того, содержать обводную линию компрессора CO_2 , которая позволяет безопасно отводить CO_2 и направлять его, например, в дымовую трубу для отходящих газов, расположенную вслед за устройством для улавливания CO_2 .

Во втором воплощении разработан блок улавливания CO_2 , предназначенный для удерживания дымовых газов даже тогда, когда он не находится в режиме действия, например, в виде поглотительной башни, которая предназначена для работы в холостом режиме.

В качестве варианта может быть предусмотрена обводная линия CO_2 , которая позволяет электростанции функционировать независимо от блока для улавливания CO_2 .

Эта обводная линия также может быть предпочтительной для запуска или отключения электростанции, а также для работы станции в периоды обслуживания системы улавливания CO_2 .

В следующем воплощении обеспечивается накопительная емкость, габариты которой рассчитываются таким образом, чтобы обеспечивать запас абсорбента для CO_2 на заданный период времени, и регенерационная установка с производительностью, превышающей требуемую для непрерывной работы электростанции согласно проекту с тем, чтобы иметь дополнительную мощность, пригодную для восстановления накопленного абсорбента в периоды низкого расхода энергии. В зависимости от требуемого размера накопительной емкости и производительности регенерационной установки, это воплощение может привести к

значительным дополнительным затратам.

Возможны различные способы регулирования системы улавливания CO₂. Одним примером является управление различными компонентами системы улавливания CO₂ по принципу разомкнутого цикла. Оно является особенно подходящим в случае, когда
5 используется управление различными компонентами лишь по типу «включено-выключено».

Управление по разомкнутому циклу также возможно и для более сложного режима работы, при котором реализуется непрерывное регулирование потребляемой системой
10 улавливания CO₂ мощности, то есть без резких скачков выходной мощности из-за переключения различных компонентов в положения «включено» или «выключено». В этом примере непрерывное регулирование потребляемой системой улавливания CO₂ мощности осуществляется одновременно с изменением мощности, потребляемой
15 одним компонентом системы, в то время как остальные компоненты функционируют при постоянной нагрузке. Однако при работе, например, в неустановившемся режиме или эксплуатации при изменяющихся граничных условиях предпочтительным может оказаться управление по замкнутому циклу.

В случае, когда предусматривается функционирование при сниженной
20 производительности отдельных компонентов, управление по замкнутому циклу обеспечивает более эффективную оптимизацию распределения нагрузки. Особенно предпочтительным является осуществление регулирования степени улавливания CO₂. В этом случае потребляемая системой улавливания CO₂ мощность не изменяется
25 одновременно с регулированием одного единственного компонента, в то время как остальные компоненты функционируют при постоянной нагрузке. Уменьшение производительности различных компонентов должно осуществляться
скоординированным образом. Для этого предпочтительным является обеспечение обратной связи по текущим режимам работы каждого из компонентов и управление
30 по принципу замкнутого цикла.

Поскольку система улавливания CO₂ является сложной системой, требуется система регулирования, подходящая для различных рассмотренных выше методов
эксплуатации. Эта система регулирования является зависящей и воздействующей на
35 регулирование мощности электростанции. Поскольку регулирование мощности является существенной частью системы управления электростанции, предпочтительным является включение системы регулировки улавливания CO₂ в
систему управления электростанции или координация регулировки системы
улавливания CO₂ с системой управления электростанции и подключение всех
40 соответствующих линий передачи данных к системе управления электростанции. Если электростанция состоит из нескольких блоков и система управления электростанции имеет иерархическую структуру, состоящую из блока управления электростанции и
главных регуляторов блоков, предпочтительно осуществить такую интеграцию или
45 координацию системы регулировки улавливания CO₂ с главными регуляторами
каждого из блоков.

В качестве варианта система улавливания CO₂ имеет свой собственный регулятор, который подсоединен к системе управления электростанции через канал прямой
передачи данных. Система управления электростанции или главный регулятор блока
50 должны посылать по меньшей мере один сигнал регулятору блока улавливания CO₂. Этот сигнал может быть, например, управляющим сигналом для потребляемой
мощности или управляющим сигналом для степени улавливания.

В описанных выше случаях регулятор улавливания CO₂ не обязательно является

одним техническим устройством, но может быть разделен на привод и групповые контроллеры, координируемые одним или несколькими блоками управления.

В случае, когда регулирование системы улавливания CO_2 координируется системой управления электростанции, блок управления высокого уровня может, например, 5
посылать команду об общем массовом расходе контроллеру группы компрессорных установок CO_2 и на входе принимать поступающие от этого группового контроллера данные о фактическом общем массовом расходе. Компрессорная установка в этом примере содержит несколько компрессорных линий. Каждая из этих компрессорных 10
линий имеет свой собственный контроллер устройства. Групповой контроллер по заложенному в него алгоритму определяет, как наилучшим образом распределить задаваемый общий массовый поток сжатого CO_2 по различным компрессорным линиям, и посылает задающий сигнал о массовом расходе контроллеру устройства каждой отдельной компрессорной линии. В свою очередь, групповой контроллер 15
получает данные о фактическом массовом потоке сжатого CO_2 по каждой компрессорной линии. Каждый контроллер устройства компрессорной линии может, в свою очередь, работать с зависящими от него регуляторами более низких уровней.

Иерархия такого же типа может применяться и к управлению всеми компонентами 20
системы улавливания CO_2 .

Краткое описание чертежей

Изобретение, его сущность, а также его преимущества далее описываются более подробно с помощью приложенных чертежей.

Фиг.1 - схематично показывает способ работы при периодическом улавливании 25
 CO_2 .

Фиг.2 - представляет схематичный вид электростанции с улавливанием CO_2 .

Фиг.3 - схематично отображает относительную стоимость c_T тонны CO_2 в зависимости от степени улавливания ϵ_{CO_2} .

Фиг.4 - схематично отображает изменение относительной выходной мощности P_T с течением времени T для электростанции с гибким способом работы по улавливанию и сжатию CO_2 . 30

Осуществление изобретения

Предназначенная для реализации предложенного способа электростанция в 35
основных чертах состоит из обычной электростанции 1 плюс блок 2 улавливания CO_2 и компрессорная установка 9 для сжатия CO_2 .

На фиг.1 показано потребление энергии P_d энергосистемой с течением времени T . Представленный на фиг.1 способ работы при улавливании CO_2 имеет периодический в 40
зависимости от времени T характер. Система улавливания CO_2 функционирует в течение периодов времени Π , когда потребление энергии P_d ниже, чем предельная для улавливания CO_2 величина L_{CO_2} и отключается в периоды времени I большой мощности, когда потребление энергии P_d выше, чем предел L_{CO_2} улавливания CO_2 . 45

Типичная конструкция с улавливанием после сжигания показана на фиг.2. Электростанция 1 снабжается воздухом 3 и топливом 4. Основные производимые ею продукты - это полная электроэнергия A и дымовой газ 15. Кроме того, из электростанции 1 отводится пар, который поступает через паропровод 13 и 50
распределительный клапан 14 для пара к блоку 2 улавливания CO_2 . Пар возвращается в электростанцию 1 при пониженной температуре или в виде конденсата через возвратную линию 6, где он повторно поступает в паровой цикл. Блок 2 улавливания

CO₂ обычно состоит из поглощающего CO₂ агрегата, в котором CO₂ извлекается из дымового газа абсорбентом, и регенерационной установки, в которой CO₂ выделяется из абсорбента. В зависимости от температуры дымового газа и предельной рабочей температуры поглощающего CO₂ агрегата также может потребоваться охладитель дымового газа.

После улавливания CO₂ дымовой газ 16 выпускается из блока улавливания CO₂ через дымовую трубу. В случае, когда блок 2 для улавливания CO₂ находится в выключенном состоянии, он может быть отведен через обводную линию 11 для дымового газа.

В нормальном режиме эксплуатации извлеченный CO₂ сжимается в компрессоре 9 для CO₂ и сжатый CO₂ 10 направляется на хранение или для дальнейшей обработки.

Для приведения в действие вспомогательных устройств блока 2 для улавливания CO₂ требуется электрическая мощность 7, а электрическая мощность 8 используется для работы компрессора 9 для CO₂. Поэтому полезная выходная мощность для энергосистемы D представляет собой полную мощность электростанции за вычетом электроэнергии для вспомогательных устройств 17 электростанции, электроэнергии 8 для компрессорной установки для сжатия CO₂ и электроэнергии 7 для блока улавливания CO₂.

Также на фиг.2 изображена соответствующая система 18 управления, которая объединяет управление дополнительными компонентами, необходимыми для улавливания и сжатия CO₂, с управлением электростанцией. Система управления имеет необходимую по меньшей мере одну линию 22 передачи управляющих сигналов, связывающую ее с электростанцией 1, и по меньшей мере одну сигнальную магистраль, соединенную с компрессорной установкой 9 для сжатия CO₂. Кроме того, показана по меньшей мере одна сигнальная магистраль 19, связывающая ее с блоком 2 для улавливания CO₂, включающим обводную линию 11 для дымового газа. В случае, когда принцип функционирования блока 2 улавливания основывается на абсорбции или адсорбции, частью системы является регенерационная установка, и, соответственно, требуется по меньшей мере одна сигнальная линия 20, проходящая к регенерационной установке. Если блок улавливания 2 также включает по меньшей мере одну накопительную емкость для адсорбента/абсорбента, необходима сигнальная магистраль 21 к накопительной системе. В случае представленного примера, в котором для регенерации применяется пар 13, работа распределительного клапана 24 для подачи пара управляется через сигнальную линию 24. Эта линия передачи сигналов управления присоединяется к узлу ресорбции, который является частью блока 2 улавливания, или же непосредственно к системе 18 управления.

Непрерывное регулирование полезной выходной мощности D поясняется с помощью двух примеров, в которых увеличение полезной выходной мощности D требуется исходя из эксплуатационного режима, при котором все компоненты действуют на полную мощность.

При простом способе отдаваемая мощность сначала увеличивается за счет регулируемого снижения мощности, потребляемой установкой 9 для сжатия CO₂. Поскольку потребляемая компрессорной установкой 9 мощность снижается, количество CO₂, выпускаемого из регенерационной установки 2, остается постоянным. Как следствие, часть потока CO₂ должна обойти компрессорную установку 9 для сжатия CO₂ по обходной линии 12 компрессорной установки CO₂. Как только компрессорная установка 9 для CO₂ полностью отключается, отдаваемая мощность

увеличивается за счет регулируемого снижения потребляемой мощности регенерационной установки CO_2 . Наконец, когда полностью отключается регенерационная установка CO_2 , отдаваемая мощность увеличивается за счет регулируемого снижения мощности, потребляемой поглощающим CO_2 агрегатом, и, в случае использования, охладителем дымового газа. В случае, когда агрегат 2 для поглощения CO_2 не предназначается для работы в холостом режиме, то есть если он не может подвергаться воздействию дымовых газов без потока абсорбента и/или дополнительного охлаждения дымового газа, в зависимости от доступной для поглотительного агрегата мощности должна открываться обходная линия 11 к блоку улавливания CO_2 .

При более сложном способе отдаваемая мощность увеличивается посредством регулируемого скоординированного снижения мощности, потребляемой всеми компонентами блока 2 улавливания CO_2 и компрессорной установкой 9. Цель заключается в максимизации степени улавливания CO_2 при сниженной потребляемой мощности. Для этого в одинаковой степени одновременно снижается производительность всех компонентов, а протекающий поток CO_2 остается тем же самым. В результате в зависимости от степени улавливания изменяется потребляемая мощность. Для обеспечения соответствия расходов через различные компоненты требуется обратная связь от этих компонентов и предпочтительно применение управления по замкнутому циклу. При очень низких величинах степени улавливания, а также в случаях, когда агрегат 2 для поглощения CO_2 не предназначен для работы в холостом режиме, то есть если он не может подвергаться воздействию дымовых газов без потока абсорбента и/или дополнительного охлаждения дымового газа, в зависимости от доступной для агрегата 2 поглощения должна открываться обходная линия 11 к блоку улавливания CO_2 .

На фиг.3 представлена ожидаемая нормализованная стоимость c_r в расчете на тонну уловленного CO_2 в виде зависимости от степени улавливания $\text{CO}_2 r_{\text{CO}_2}$.

Стоимость в расчете на тонну поглощенного CO_2 нормализуется по стоимости при 90% степени улавливания $\text{CO}_2 r_{\text{CO}_2}$. Очевидно, что улавливание со степенью, превышающей 90%, оказывается слишком дорогостоящим, и электростанция должна быть предназначена для работы со степенью улавливания от 80 до 90%. При степени улавливания ниже 80% стоимость в расчете на тонну поглощенного CO_2 увеличивается незначительно. Снижение степени улавливания на электростанции, предназначенной для 90% степени улавливания, может выполняться без значительного ухудшения показателей стоимости поглощенного CO_2 . Если в процессе работы снижается степень улавливания, может быть сэкономлено значительное количество энергии, при необходимости направляемой в энергосистему.

Влияние основных потребителей энергии системы улавливания CO_2 на нормализованную выходную мощность P_r электростанции показано на фиг.4. Также на этой фигуре отображено влияние вспомогательных потребителей энергии самой электростанции.

На фиг.4, кроме того, представлен оптимизированный способ работы электростанции с улавливанием и сжатием CO_2 в динамике по времени T . Влияние вспомогательных устройств электростанции и основных потребителей энергии системы улавливания CO_2 на полезную выходную мощность D представлено величиной относительной выходной мощности P_r на различных этапах работы электростанции. Все показанные на этой фигуре выходные мощности подвергнуты

нормализации по выходной полной мощности A электростанции при базовой нагрузке с отбором пара для ресорбции. A' представляет полную мощность без отбора пара для ресорбции. B является полной мощностью, уменьшенной на величину энергопотребления вспомогательных устройств B электростанции. C - мощность после дополнительного снижения мощности B , вызванного энергозатратами на сжатие CO_2 . D - конечная полезная выходная мощность электростанции после учета снижения мощности вследствие энергозатрат на абсорбцию. Согласно предложенному способу эксплуатации, снижение мощности от величин B до C , от C до D , так же как и увеличение полной мощности от A до A' является изменяемым и применяется для регулирования величины отдаваемой мощности D . D обычно регулируется, с тем чтобы соответствовать потребностям в электроэнергии P_D электрической энергосистемы. Для обеспечения максимальной величины отдаваемой мощности X отключаются все потребители системы улавливания CO_2 и никакое количество пара не отводится на ресорбцию.

В данном примере требуемое изменение полезной выходной мощности в течение дня обеспечиваются регулированием энергопотребления различных потребителей системы улавливания CO_2 . В результате количество подводимого тепла и тепловая нагрузка электростанции могут сохраняться в течение дня постоянными, в данном примере от 7:00 часов до 22:00 часов. Только в ночное время, когда отдаваемая мощность снижается до 50% от максимальной отдаваемой мощности, поставляемой в пиковое время середины дня, полная мощность снижается до около 62% от величины мощности, отдаваемой в базовом режиме эксплуатации.

В этом примере изменение отдаваемой мощности на величину порядка 15% может обеспечиваться регулированием мощности, потребляемой на улавливание и сжатие CO_2 . Это может быть заметно, например, по различию между работой в утреннее время в 11:00 часов и пиковым потреблением в 12:30 часов.

Для достижения 50% падения полезной выходной мощности требуется снижение полной мощности лишь до 62%. Изменение количества подводимого тепла и тепловой нагрузки будут еще более малыми, поскольку производительность при неполной нагрузке обычно падает. Это, в частности, действительно для газотурбинной электростанции или электростанции с комбинированным циклом. Поэтому, даже тогда, когда требуется изменение величины тепловой нагрузки для обеспечения значительных изменений требуемой полезной выходной мощности D , относительно изменение тепловой нагрузки по сравнению с обычными методами эксплуатации может быть уменьшено.

В зависимости от режима работы возможно, чтобы сохранялась постоянная полная мощность в течение времени работы электростанции.

Описанные выше и проиллюстрированные чертежами примеры осуществления раскрывают для специалистов в данной области варианты воплощения, которые отличаются от приведенных в качестве примеров осуществления и которые охватываются объемом изобретения.

Например, может быть сэкономлена или снижена в периоды высокого энергопотребления мощность, используемая для повторного сжатия дымовых газов, что применяется, например, в случае криогенного отделения CO_2 или в случае абсорбции при повышенном давлении. Или, в случае отделения CO_2 с помощью охлажденного аммиака, в периоды высокого расхода энергии может быть сэкономлена или снижена мощность, расходуемая на охлаждение. Кроме того, возможны способ и соответствующая электростанция, не применяющие сжатие CO_2 . В

одном варианте воплощения обеспечивается накопительная емкость для хладагента, который используется для выполнения охлаждения в периоды высокого расхода энергии. Кроме того, аналогично описанным выше регенерационным установкам, имеющим запас по производительности, холодильное оборудование также может
 5 иметь запас по производительности с тем, чтобы иметь возможность охлаждать запасенный хладагент в периоды низкого расхода энергии.

Список условных обозначений

1 - электростанция

10 2 - блок улавливания CO₂

3 - воздух

4 - топливо

6 - возвратная линия

7 - электроэнергия для блока улавливания CO₂

15 8 - электроэнергия для компрессорной установки сжатия CO₂

9 - сжатие CO₂

10 - сжатый CO₂

11 - обходная линия для дымового газа блока улавливания CO₂

20 12 - обходная линия компрессорной установки CO₂

13 - пар к блоку улавливания CO₂

14 - распределительный клапан для пара

15 - дымовой газ к блоку улавливания CO₂

25 16 - дымовой газ с извлеченным CO₂

17 - электроэнергия для вспомогательных устройств электростанции, исключая устройства улавливания и сжатия CO₂

18 - система управления

19 - линия обмена управляющими сигналами с блоком улавливания CO₂ и обходной
 30 линией дымового газа

20 - линия обмена управляющими сигналами с регенерационной установкой (в случае использования)

21 - линия обмена управляющими сигналами с накопительной системой для абсорбента/адсорбента (в случае использования)

35 22 - линия обмена управляющими сигналами, как на обычной электростанции без улавливания CO₂, включая полную и полезную мощность

23 - линия обмена управляющими сигналами с компрессорной установкой CO₂ и обходной линией компрессорной установки

40 24 - обмен сигналами управления с распределительным клапаном пара - непосредственно от системы управления или через регенерационную установку (в случае использования)

I - периоды высокого энергопотребления с отключенной системой улавливания CO₂

45 II - периоды низкого энергопотребления с включенной системой улавливания CO₂

A - полная выходная мощность электростанции с отбором пара для ресорбции CO₂

A' - полная выходная мощность электростанции без отбора пара для ресорбции CO₂

B - величина A, уменьшенная на величину потребления энергии вспомогательными средствами электростанции без учета улавливания и сжатия CO₂

50 C - величина B, уменьшенная на величину потребления энергии на сжатие CO₂, - изменяющаяся в зависимости от потребления мощности энергосистемой

c_r - относительная стоимость улавливания CO₂

D - полезная выходная мощность электростанции с улавливанием CO₂ (величина C, уменьшенная на величины расхода мощности на поглощение, - изменяющаяся в зависимости от потребления мощности энергосистемой).

P_d - потребление мощности энергосистемой

P_r - выходная мощность по отношению к полной мощности электростанции с базовой нагрузкой

r_{CO₂} - степень улавливания CO₂

T - время

X - время пиковой полезной выходной мощности с отключенным улавливанием и сжатием CO₂.

Формула изобретения

1. Способ эксплуатации электростанции (1) с системой (18) управления и системой (2) улавливания CO₂, характеризующийся тем, что систему (18) управления используют для управления электрической мощностью (7), передаваемой из электростанции (1) в систему (2) улавливания CO₂, причем мощность, потребляемую системой улавливания CO₂, используют в качестве параметра управления для полезной выходной мощности (D) электростанции (1), при этом полезную выходную мощность (D) увеличивают путем управляемого уменьшения электрической мощности (7), потребляемой системой (2) улавливания CO₂.

2. Способ по п.1, характеризующийся тем, что система (2) улавливания CO₂ является системой, управляемой по замкнутому циклу, при этом управление системой улавливания CO₂ интегрировано в систему (18) управления, или согласовано с системой (18) управления, или имеется канал прямой передачи данных к системе (18) управления.

3. Способ по п.1, характеризующийся тем, что систему улавливания CO₂ эксплуатируют с пониженной производительностью или отключают систему улавливания CO₂, для того чтобы подавать в энергосистему дополнительную электрическую мощность, при этом дополнительную электрическую мощность используют для увеличения номинальной производительности электростанции.

4. Способ по п.1, характеризующийся тем, что, когда система (2) улавливания CO₂ находится в состоянии функционирования, эксплуатируют электростанцию (1) в режиме, близком или соответствующем расчетному, причем мощность, потребляемую системой улавливания CO₂, применяют в качестве резерва производительности, а функционирование электростанции (1) при частичной нагрузке для обеспечения резерва производительности исключается и, таким образом, при этом режиме обеспечивается оптимальная эффективность электростанции.

5. Способ по любому из пп.1-4, характеризующийся тем, что управляют электростанцией для поддержания тепловой нагрузки электростанции постоянной и для изменения полезной выходной мощности (D), направляемой в энергосистему, регулируют потребление мощности системой (2) улавливания CO₂.

6. Способ по п.5, характеризующийся тем, что для регулирования электрической мощности, потребляемой системой улавливания CO₂, изменяют степень улавливания CO₂.

7. Способ по любому из пп.1-4, характеризующийся тем, что для регулирования электрической мощности, потребляемой системой (2) улавливания CO₂, изменяют степень улавливания CO₂.

8. Способ по п.7, характеризующийся тем, что компрессорную установку (9) для CO₂ отключают или обеспечивают ее работу с пониженной производительностью.

9. Способ по любому из пп.1-4, характеризующийся тем, что компрессорную установку (9) для CO₂ отключают или обеспечивают ее работу с пониженной производительностью, а часть или весь поглощенный CO₂ выпускают через обходную линию (12) компрессорной установки (9) для CO₂.

10. Способ по любому из пп.1-4, характеризующийся тем, что система (2) улавливания CO₂ содержит регенерационную установку, и регенерационную установку отключают или обеспечивают ее работу с пониженной производительностью.

11. Способ по любому из пп.1-4, характеризующийся тем, что изменяют степень улавливания CO₂ для регулирования потребления мощности системой улавливания CO₂.

12. Способ по любому из пп.1-4, характеризующийся тем, что система (2) улавливания CO₂ содержит абсорбционную или адсорбционную установку, и абсорбционную или адсорбционную установку отключают или обеспечивают ее работу с пониженной производительностью, причем система (2) улавливания CO₂ содержит рсгенерационную установку, и регенерационную установку отключают или обеспечивают ее работу с пониженной производительностью.

13. Способ по п.10, характеризующийся тем, что система (2) улавливания CO₂ содержит абсорбционную или адсорбционную установку, и абсорбционную или адсорбционную установку отключают или обеспечивают ее работу с пониженной производительностью, при этом часть или весь дымовой газ направляют в обход блока улавливания.

14. Способ по п.10, характеризующийся тем, что система (2) улавливания CO₂ содержит регенерационную установку, и регенерационную установку отключают или регенерацию осуществляют с пониженной производительностью в периоды высокого потребления энергии, причем в это время для улавливания CO₂ используют запасенный абсорбент или адсорбент.

15. Способ по п.14, характеризующийся тем, что уменьшают потребление пара регенерационной установкой, входящей в систему улавливания CO₂, вследствие отключения или обеспечения работы с пониженной производительностью, при этом избыток пара подают по меньшей мере в одну паровую турбину электростанции (1).

16. Способ по п.15, характеризующийся тем, что регенерацию абсорбента или адсорбента осуществляют в периоды низкого потребления энергии.

17. Способ по п.8, характеризующийся тем, что систему улавливания CO₂ и компрессорную установку (9) для CO₂ отключают или обеспечивают их работу с пониженной производительностью последовательно.

18. Способ по п.8, характеризующийся тем, что систему улавливания CO₂ и компрессорную установку (9) для CO₂ отключают или обеспечивают их работу с пониженной производительностью одновременно.

19. Электростанция (1), содержащая систему (2) улавливания CO₂ и систему (18) управления для управления электрической мощностью, передаваемой из электростанции (1) в систему (2) улавливания CO₂, причем электростанция выполнена с возможностью использовать электрическую мощность, потребляемую системой (2) улавливания CO₂, в качестве параметра управления для полезной выходной мощности (d) электростанции (1), при этом полезная выходная мощность (d)

увеличивается при управляемом уменьшении электрической мощности (7), потребляемой системой (2) улавливания CO₂.

20. Электростанция (1) по п.19, характеризующаяся тем, что по меньшей мере одна паровая турбина выполнена с возможностью преобразования в энергию максимального расхода пара, который вырабатывается электростанцией с выключенной системой улавливания CO₂.

21. Электростанция (1) по п.19, характеризующаяся тем, что по меньшей мере один генератор и электрооборудование выполнены с возможностью преобразования в электрическую мощность максимальной мощности, вырабатываемой с выключенной системой улавливания CO₂, и передачи этой электрической мощности в энергосистему.

22. Электростанция (1) по п.20, характеризующаяся тем, что по меньшей мере один генератор и электрооборудование выполнены с возможностью преобразования в электрическую мощность максимальной мощности, вырабатываемой с выключенной системой улавливания CO₂, и передачи этой электрической мощности в энергосистему.

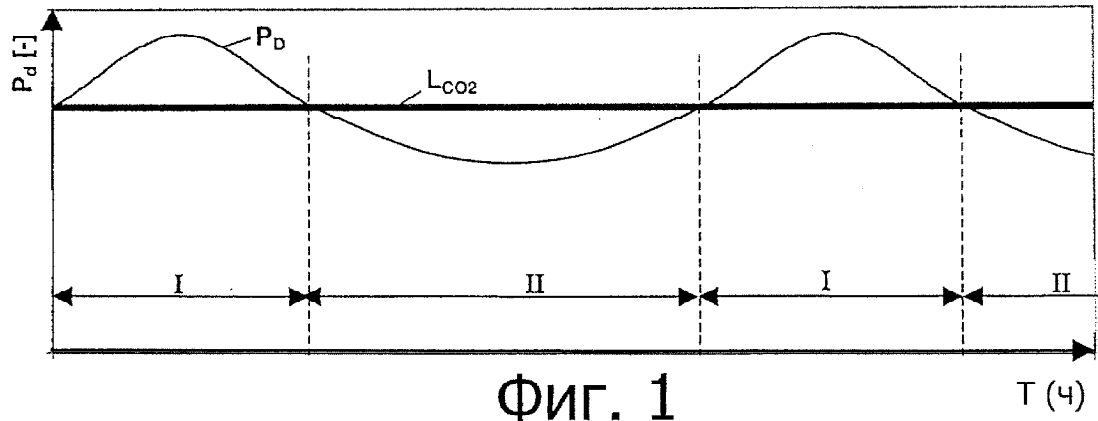
23. Электростанция (1) по любому из пп.19-21, характеризующаяся тем, что содержит обходную линию компрессорной установки (9) для сжатия CO₂ и/или абсорбционного агрегата.

24. Электростанция (1) по п.19 или 20, характеризующаяся тем, что абсорбционный агрегат, входящий в систему (2) улавливания, выполнен с возможностью выдерживать дымовые газы даже тогда, когда он не функционирует.

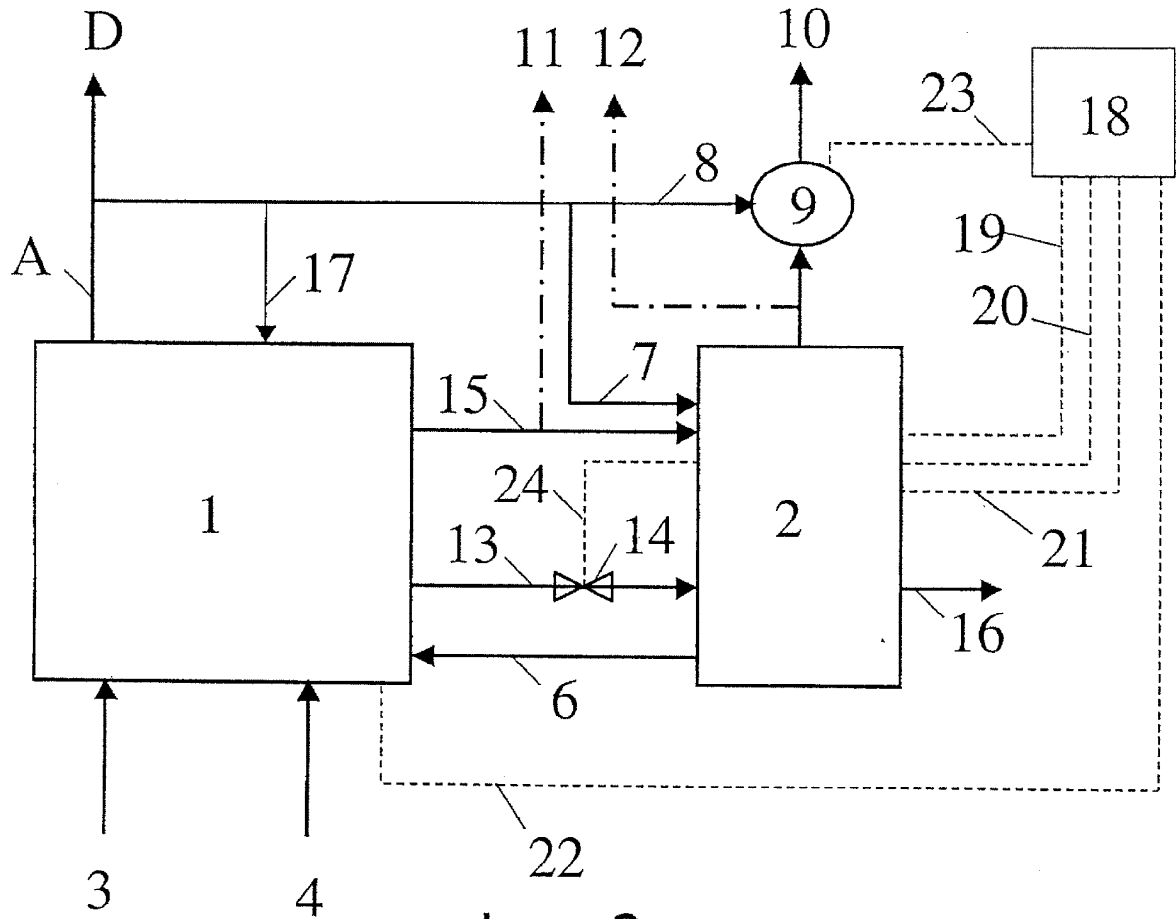
25. Электростанция (1) по п.19 или 20, характеризующаяся тем, что содержит накопительную емкость для адсорбента или абсорбента, что обеспечивает возможность улавливания CO₂, даже если регенерационная установка, входящая в состав системы (2) улавливания CO₂, функционирует с пониженной производительностью или находится в отключенном состоянии.

26. Электростанция (1) по п.23, характеризующаяся тем, что регенерационная установка, входящая в состав системы (2) улавливания CO₂, имеет производительность, превышающую требуемую для установившегося режима работы электростанции (1), с тем чтобы иметь дополнительную производительность для регенерации запасенного абсорбента или адсорбента.

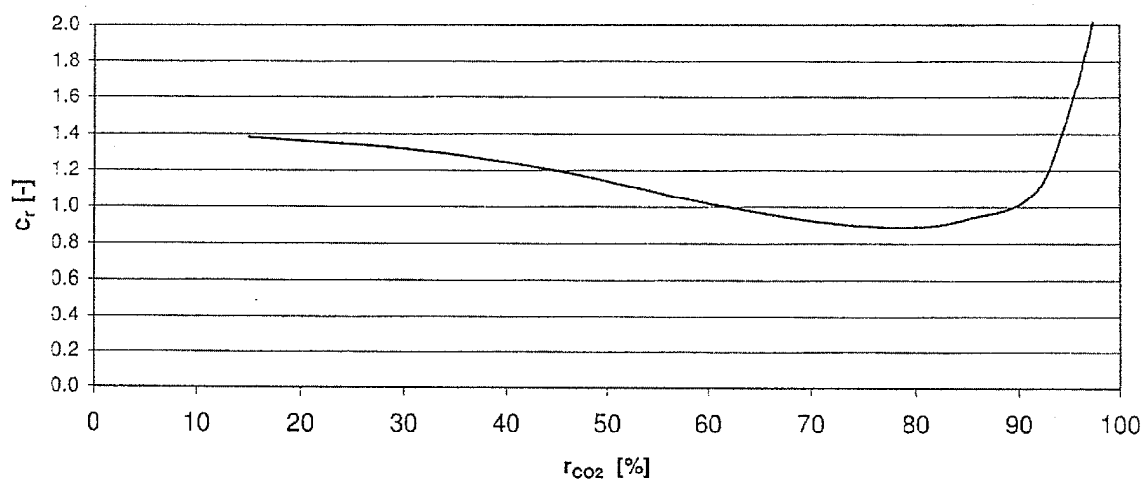
27. Электростанция (1) по п.19 или 20, характеризующаяся тем, что содержит охлажденный аммиак для системы (2) улавливания CO₂ и накопительную емкость для хладагента, применяемого для осуществления охлаждения в периоды высокого потребления энергии, причем оборудование для охлаждения имеет производительность, превышающую номинальную, с тем чтобы иметь возможность охлаждать запасенный хладагент в периоды низкого потребления энергии.



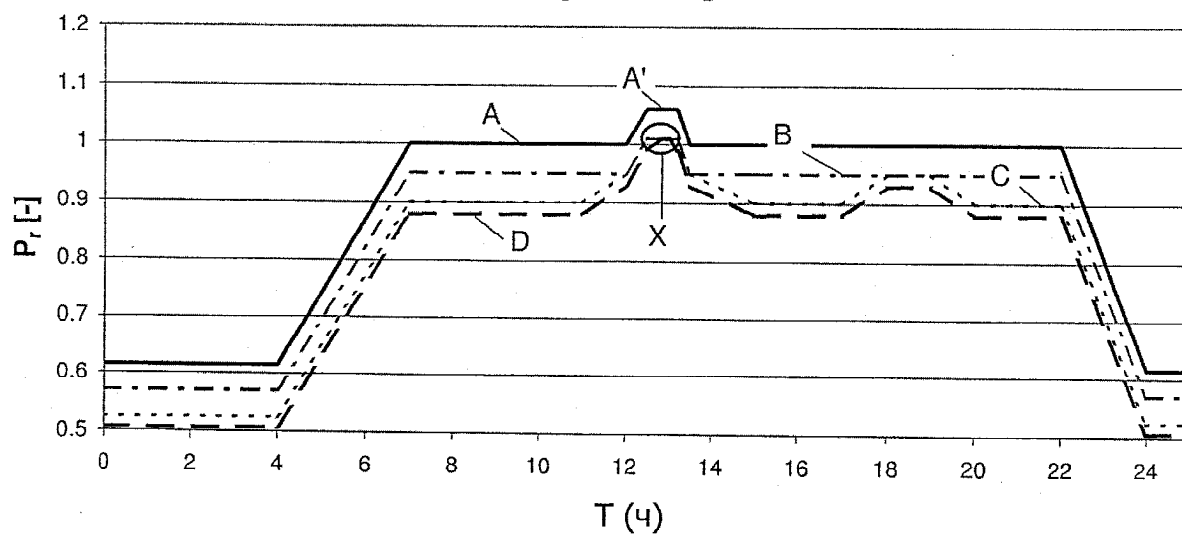
ФИГ. 1



ФИГ. 2



ФИГ. 3



ФИГ. 4