

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 11058

(13) С1

(46) 2008.08.30

(51) МПК (2006)

F 02C 7/00

F 25B 29/00

(54) КОМБИНИРОВАННАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА

(21) Номер заявки: а 20060615

(22) 2006.06.20

(43) 2008.02.28

(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

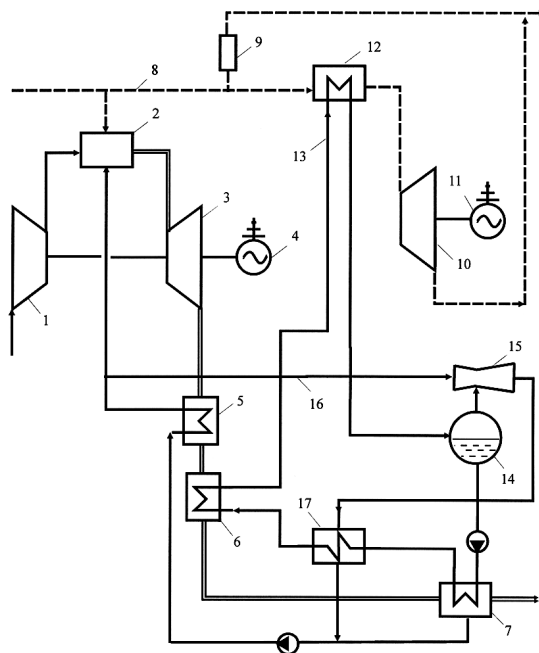
(72) Авторы: Качан Светлана Аркадьевна; Добрецов Александр Валерьевич; Курта Александр Леонидович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(56) ВУ а 20030592, 2004.
RU 2009389 С1, 1994.
ВУ 4850 С1, 2002.
SU 724786, 1980.
RU 2046198 С1, 1995.
US 4282708, 1981.
EP 0004398 А2, 1979.

(57)

Комбинированная энергетическая установка, содержащая воздушный компрессор, соединенный с камерой сгорания, и газовую турбину с приводимым от нее электрогенератором, последовательно установленные в выхлопном тракте газовой турбины котел-утилизатор, подогреватель воды и конденсатор водяных паров, при этом вход пароводяного тракта котла-утилизатора соединен с патрубком отвода конденсата из конденсатора водяных паров, а выход - с камерой сгорания, а также подключенный к магистральному газопроводу с редуцирующим устройством турбодетандер с электрогенератором и подогревателем газа, установленным на входе турбодетандера и соединенным с подогревателем



ВУ 11058 С1 2008.08.30

воды и конденсатором водяных паров промежуточным водяным контуром, отличающаяся тем, что содержит установленные в промежуточном водяном контуре пароструйный тепловой насос с эжектором и конденсатор пара, установленный после эжектора, причем патрубок подвода рабочего пара к эжектору соединен с выходом котла-утилизатора, а патрубок отвода конденсата из конденсатора пара соединен со входом котла-утилизатора, при этом патрубок подвода воды к тепловому насосу соединен с подогревателем газа, а патрубок отвода воды из теплового насоса - с конденсатором водяных паров.

Изобретение относится к области теплоэнергетики и может быть применено для выработки электроэнергии на базе комбинированного использования потенциальной энергии дросселируемого на газораспределительных станциях (ГРС) природного газа и сбросной теплоты тепловых двигателей.

Использование потенциальной энергии газа весьма важно для Беларуси, на территории которой расположен целый ряд крупных ГРС, и может осуществляться за счет применения турбодетандерных установок (ТДУ). При этом для предупреждения недопустимого захлаживания газа после турбодетандера и образования газовых гидратов требуется его подогрев перед расширением. Из условия надежной работы газопроводов целесообразным может быть также подогрев газа после расширения для поддержания положительной температуры на выходе турбодетандера.

В турбодетандерной установке [1] для подогрева газа может использоваться теплота непосредственного сжигания топлива. Однако более высокая эффективность применения турбодетандерных агрегатов (ТДА) будет обеспечиваться при подогреве газа за счет низкопотенциальной отработанной теплоты других энергетических установок.

Известна комбинированная энергетическая установка (КЭУ) [2], содержащая газотурбинный двигатель (ГТД) и турбодетандер с подогревом газа перед расширением в теплообменнике, установленном в выхлопном тракте ГТД, а также регенеративный теплообменник, включенный в тракт газа высокого давления и служащий для охлаждения газа после ТДА.

Недостатком такой комбинированной энергетической установки является большая доля теплоты уходящих газов ГТД, приводящая к снижению его возможной мощности. Кроме того, подогрев природного газа только перед турбодетандером не позволяет обеспечить глубокую утилизацию теплоты выпускных газов газотурбинного двигателя. В результате в данной установке осуществляется лишь частичная утилизация теплоты газов после ГТД, что снижает эффективный электрический КПД КЭУ в целом.

Наиболее близкой по технической сущности к предлагаемой является комбинированная энергетическая установка [3], содержащая воздушный компрессор, соединенный с камерой сгорания, и газовую турбину с приводимым от нее электрогенератором, последовательно установленные в выхлопном тракте газовой турбины котел-утилизатор и конденсатор водяных паров, при этом вход пароводяного тракта котла-утилизатора соединен с патрубком отвода конденсата из конденсатора водяных паров, а выход - с камерой сгорания, подогреватель воды, установленный в выхлопном тракте газовой турбины между котлом-утилизатором и конденсатором водяных паров, подключенный к магистральному газопроводу с редуцирующим устройством турбодетандер с электрогенератором, подогреватели газа высокого и низкого давления, установленные соответственно на входе и выходе турбодетандера и соединенные промежуточным водяным контуром, при этом выход воды из подогревателя газа низкого давления соединен со входом ее в конденсатор водяных паров, вход воды в подогреватель газа высокого давления соединен с выходом ее из подогревателя воды, а вход воды в подогреватель воды соединен с выходом ее из конденсатора водяных паров.

ВУ 11058 С1 2008.08.30

Применение в схеме КЭУ контактной ГТУ (КГТУ) с полным энергетическим впрыском получаемого в котле-утилизаторе пара в камеру сгорания позволяет утилизировать значительную часть теплоты выпускных газов КГТУ во "встроенном" в газовую турбину паросиловом цикле. Соответственно снижается доля теплоты выпускных газов газотурбинной установки, которая утилизируется для подогрева газа, идущего на турбодетандер, и возрастает мощность КГТУ и КЭУ в целом.

Применение подогревателя газа низкого давления создает благоприятные условия для глубокой утилизации теплоты уходящих газов после котла-утилизатора и практически полной конденсации водяных паров, подаваемых в камеру сгорания КГТУ.

Однако подогрев газа после турбодетандера является оправданным при небольших (примерно до 1 км) расстояниях от ГРС до потребителей газа, когда не успевает произойти полный теплообмен между газом и окружающей средой (грунтом), и подвод теплоты к газу в подогревателе низкого давления приводит к повышению температуры и теплотворной способности газа у потребителей.

Задача, решаемая изобретением, заключается в повышении технико-экономической эффективности совместного применения контактной ГТУ и турбодетандера, обеспечении близкого к 100 % КПД по выработке электроэнергии и практически полной конденсации водяных паров из уходящих газов КГТУ.

Для решения поставленной задачи комбинированная энергетическая установка, содержащая воздушный компрессор, соединенный с камерой сгорания, и газовую турбину с приводимым от нее электрогенератором, последовательно установленные в выхлопном тракте газовой турбины котел-утилизатор, подогреватель воды и конденсатор водяных паров, при этом вход пароводяного тракта котла-утилизатора соединен с патрубком отвода конденсата из конденсатора водяных паров, а выход - с камерой сгорания, а также подключенный к магистральному газопроводу с редуцирующим устройством турбодетандер с электрогенератором и подогревателем газа, установленным на входе турбодетандера и соединенным с подогревателем воды и конденсатором водяных паров промежуточным водяным контуром, дополнительно содержит установленные в промежуточном водяном контуре пароструйный тепловой насос с эжектором и конденсатор пара, установленный после эжектора, причем патрубок подвода рабочего пара к эжектору соединен с выходом котла-утилизатора, а патрубок отвода конденсата из конденсатора пара соединен со входом котла-утилизатора, при этом патрубок подвода воды к теплому насосу соединен с подогревателем газа, а патрубок отвода воды из теплового насоса - с конденсатором водяных паров.

Сущность изобретения поясняется чертежом, где приведена принципиальная схема предлагаемой комбинированной энергетической установки.

Установка включает воздушный компрессор 1, соединенный с камерой 2 сгорания, и газовую турбину 3 с приводимым от нее электрогенератором 4, последовательно установленные в выхлопном тракте газовой турбины 3 котел-утилизатор 5, подогреватель 6 воды и конденсатор 7 водяных паров, при этом вход пароводяного тракта котла-утилизатора 5 соединен с патрубком отвода конденсата из конденсатора 7 водяных паров, а выход - с камерой 2 сгорания, а также подключенный к магистральному газопроводу 8 с редуцирующим устройством 9 турбодетандер 10 с электрогенератором 11 и подогревателем 12 газа, установленным на входе турбодетандера 10 и соединенным с подогревателем 6 воды и конденсатором 7 водяных паров промежуточным водяным контуром 13, и установленные в промежуточном водяном контуре 13 пароструйный тепловой насос 14 с эжектором 15 и конденсатор 17 пара, установленный после эжектора 15, причем патрубок 16 подвода рабочего пара к эжектору соединен с выходом котла-утилизатора 5, а патрубок отвода конденсата из конденсатора 17 пара соединен со входом котла-утилизатора 5, при этом патрубок подвода воды к теплому насосу 14 соединен с подогревателем 12 газа, а патрубок отвода воды из теплового насоса 14 - с конденсатором 7 водяных паров.

ВУ 11058 С1 2008.08.30

Работа установки осуществляется следующим образом.

Атмосферный воздух воздушным компрессором 1 подается в камеру 2 сгорания для окисления топлива в присутствии водяного пара, подводимого из котла-утилизатора 5. Газовая турбина 3 обеспечивает привод воздушного компрессора 1 и электрогенератора 4.

Смесь продуктов сгорания и водяного пара, отработав в газовой турбине 3, затем отдает теплоту частично на выработку пара в котле-утилизаторе 5, а частично для подогрева воды в подогревателе 6 и поступает для дальнейшего охлаждения и конденсации водяных паров в конденсатор 7 водяных паров. Образующийся здесь конденсат подается в котел-утилизатор 5.

Нагретая в конденсаторе 7 водяных паров, конденсаторе 17 пара после эжектора 15 и подогревателе 6 вода промежуточного водяного контура 13 подается в подогреватель 12 для подогрева газа перед турбодетандером 10.

Охлажденная в подогревателе 12 вода дополнительно охлаждается в пароструйном тепловом насосе 14 и подается в конденсатор 7 водяных паров для более глубокой утилизации сбросной теплоты контактной ГТУ. При этом рабочий пар к эжектору 15 теплового насоса 14 подводится по патрубку 16 из котла-утилизатора 5, а пар после эжектора 15 конденсируется в конденсаторе 17 пара.

Работа расширения газа из магистрального газопровода 8 в турбодетандере 10 превращается в электрическую энергию в электрогенераторе 11. Параллельно турбодетандеру 10 установлено редуцирующее устройство 9.

Так как температура газа перед подогревателем 12 составляет около $0...+10$ °С, то при температурных напорах в подогревателе 12 и конденсаторе 7 водяных паров $20...25$ °С с учетом работы теплового насоса 14 реально можно охлаждать газы КГТУ примерно до $40...50$ °С. Это позволит сконденсировать в конденсаторе 7 от 50 до 100 % водяных паров без установки подогревателя природного газа низкого давления.

Предлагаемое техническое решение позволяет увеличить суммарную мощность комбинированной энергетической установки по сравнению с мощностью турбодетандерного агрегата примерно вдвое и обеспечивает глубокое охлаждение газов контактной ГТУ с практически полной конденсацией из них водяных паров и высокий (близкий к 100 %) КПД по выработке электрической энергии.

Источники информации:

1. Степанец А.А. Энергосберегающие турбодетандерные установки /Под ред. А.Д. Трухня. - М.: ООО "Недра-Бизнесцентр", 1999. - С. 21-22.
2. Патент России 2009389, МПК⁵ F 17D 1/04, F 01K 23/06, 1994.
3. Заявка на выдачу патента РБ а 20030592, МПК F 02C 7/00, F 25B 29/00, 2004 (прототип).