

ЭНЕРГЕТИКА. ЭНЕРГОРЕСУРСЫ

doi: 10.51639/2713-0576_2021_1_4_37

УДК 621.57

ГРНТИ 55.39.41

ВАК 05.04.03

Повышение тепловой мощности газотурбинной установки за счет снижения температуры с использованием абсорбционных холодильных машин

* Хусаинова Д. Ф., Хусаинов А. И., Замалеев М. М.

*Ульяновский государственный технический университет,
432027, Россия, Ульяновск, ул. Северный Венец, 32*email: * d.husainova@mail.ru, easyforhusa69@mail.ru, mansur_zamaleev@mail.ru

Для решения проблемы снижения электрической мощности ГТУ, при повышенных температурах наружного воздуха, на линии циклового воздуха перед компрессором ГТУ предлагается установить поверхностный теплообменник, охлаждающей средой в котором является вода после АБХМ с температурой +5...+10°C. Охлажденная в АБХМ до +5...+10°C вода позволит остудить цикловой воздух на входе в ГТУ до +15...+20°C. Предложенное решение актуально для южных регионов нашей страны и позволяет увеличить электрическую мощность ГТУ до 30 %. Основным преимуществом применения АБХМ для снижения температуры циклового воздуха ГТУ заключается в возможности использования как напрямую выхлопные газы ГТУ, так и горячую воду/пар из котлов-утилизаторов ПГУ. Таким образом, холод производится, в основном, за счёт потребления бросовых источников теплоты.

Ключевые слова: абсорбционные холодильные машины, газотурбинные установки, парогазовые установки, тепловая энергия.

Введение

При эксплуатации газотурбинных установок (ГТУ) в штатных условиях содержание воздуха в составе газозвушной смеси достигает 98 %. В теплый период года теплофизические свойства воздуха меняются, повышение температуры и снижение плотности воздуха приводит к снижению электрической мощности газотурбинных установок (ГТУ), увеличению удельного расхода топлива. График изменения электрической мощности газовой турбины в зависимости от температуры подводимого воздуха приведен на рис. 1. Так, при снижении температуры подаваемого в ГТУ воздуха с 40°C до 15°C повышение электрической мощности ГТУ достигает 30 %.

Таким образом, организация охлаждения циклового воздуха перед газовой турбиной позволяет снизить негативные факторы, связанные со снижением электрической мощности газотурбинных и парогазовых установок (ПГУ).

Первый раздел Теория и методы исследования

На сегодняшний день наибольшее распространение получили три способа снижения температуры циклового воздуха: применение испарительных охладителей, мелкодисперсное

распыление воздуха за фильтром и применение холодильных машин. Последний способ позволяет получить максимальную глубину охлаждения, в т. ч. ниже точки росы. Тип холодильных машин должен определяться на основе технико-экономического обоснования. Применение абсорбционных бромисто-литиевых холодильных машин для снижения температуры циклового воздуха мощных ГТУ, как правило, является оптимальным решением. Энергетическим ресурсом для их работы служит тепловая энергия (уходящие газы, паровые отборы турбин, горячая вода с пароводяных подогревателей), которая зачастую просто выбрасывается в атмосферу.

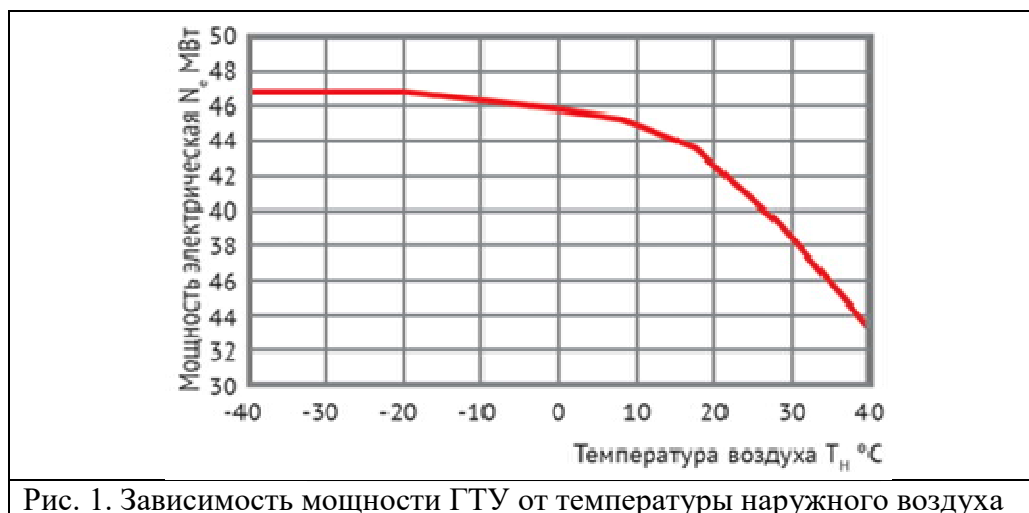


Рис. 1. Зависимость мощности ГТУ от температуры наружного воздуха

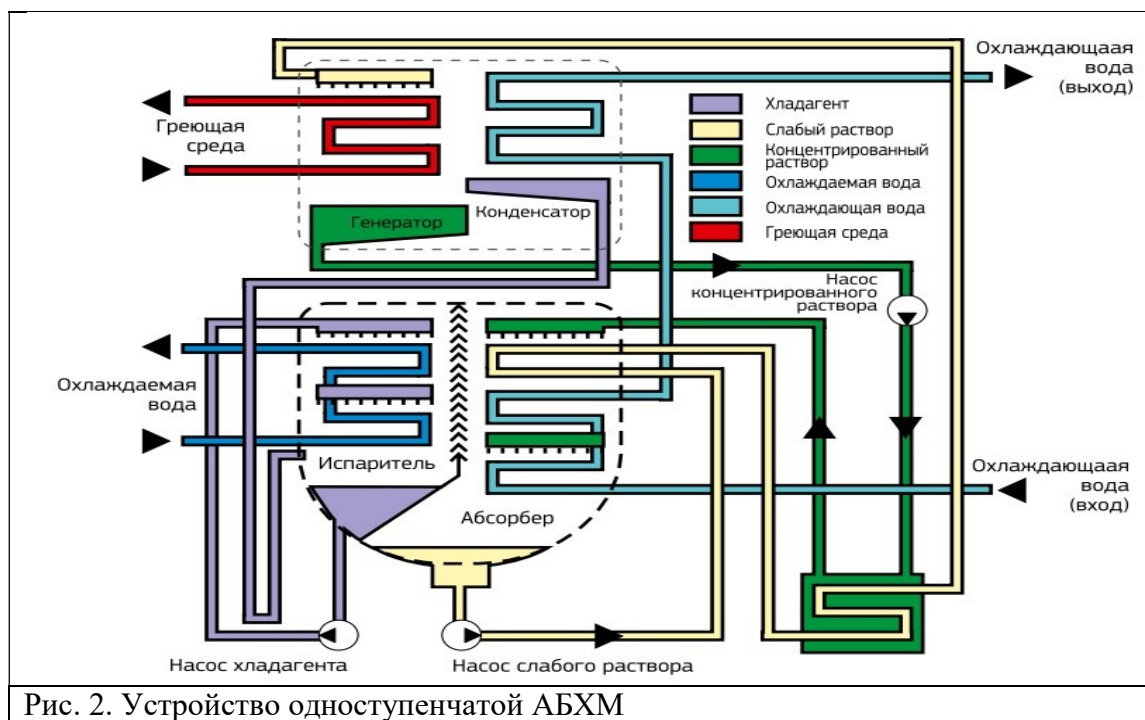
Абсорбционная холодильная машина (АБХМ) – пароконденсационная холодильная установка. В этой установке хладагент испаряется за счет его поглощения (абсорбции) абсорбентом. Процесс испарения происходит с поглощением теплоты. Затем пары хладагента за счет нагрева (внешним источником тепловой энергии) выделяются из абсорбента и поступают в конденсатор, где конденсируются.

Существуют бромистолитиевые или аммиачные АБХМ. В бромистолитиевых АБХМ в качестве хладагента используется вода, а в качестве абсорбента – бромид лития LiBr. В аммиачных АБХМ в качестве хладагента используется аммиак NH_3 , а в качестве абсорбента – вода. В настоящее время наибольшее распространение получили бромистолитиевые АБХМ [1].

Компонент системы, поглощаемый абсорбентом в процессе абсорбции, носит название абсорбат. Соответственно, абсорбент – жидкая фаза, поглощающая абсорбат в процессе абсорбции.

Принцип действия АБХМ основан на способности хладагента (воды) испаряться за счет его поглощения (абсорбции) абсорбентом (бромидом лития). Процесс испарения – эндотермическая реакция – происходит в условиях вакуума с поглощением теплоты, подведенной к Испарителю с охлаждаемой водой (см. рис. 2). Концентрированный раствор абсорбента, подающийся в Абсорбер, поглощает пары воды, превращаясь в слабый (разбавленный) раствор. При последующем его нагреве (от внешнего источника тепловой энергии – греющей среды) в Генераторе пары воды выделяются из абсорбента, поступая в Конденсатор, где конденсируются, превращаясь в воду, которая, расширяясь, поступает в Испаритель, тем самым замыкая цикл. Изменение концентрации хладагента в Абсорбере и Генераторе сопровождается изменением температуры насыщения. Для снижения потерь энергии при циркуляции абсорбента между Абсорбером и Генератором устанавливается рекуперативный теплообменник.

Для обеспечения работы АБХМ необходимо присутствие еще одного контура - контура охлаждающей воды, предназначенного для отведения от АБХМ низкопотенциальной, «отработанной» тепловой энергии [2].



Второй раздел Экспериментальная установка

Все процессы в АБХМ протекают под вакуумом, что исключает попадание рабочего вещества и абсорбента во внешние теплоносители.

В описанной выше схеме охлаждаемая вода – это именно та среда, которую требуется охладить, а греющая среда – это внешний источник тепловой энергии, в качестве которого может использоваться пар (как низкопотенциальный, так и высокопотенциальный), вода различных параметров, горячие дымовые газы котлов, печей или выхлопные газы генераторных установок, а также непосредственно теплота сгорания топлива в самом контуре АБХМ (АБХМ прямого нагрева) [3].

В зависимости от возможных источников тепла как раз и определяют главную линию классификации, которой придерживаются все современные производители АБХМ:

- АБХМ на горячей воде (hotwater-fredchiller), использующая в качестве источника тепла горячую воду (от 75°C и выше);
- АБХМ на паре (steam-fredchiller), использующая в качестве источника тепла пар (75...200°C.);
- АБХМ на выхлопных газах (exhaust-fredchiller), использующая в качестве источника тепла дымовые газы котлов, печей или выхлопные газы генераторных установок (250...600°C.);
- АБХМ прямого нагрева (direct-fredchiller), использующая в качестве источника тепла топливо (природный газ, мазут, дизельное топливо).

Заключение

Таким образом, АБХМ – это холодильная установка, работающая за счёт тепловой энергии, а не электричества (в отличие от парокомпрессионных холодильных машин). Единственные

потребители электроэнергии в АБХМ – перекачивающие насосы. Они же являются и единственными движущимися механизмами в составе холодильной машины. Для решения проблемы снижения электрической мощности ГТУ, при повышенных температурах наружного воздуха, на линии циклового воздуха перед компрессором ГТУ предлагается установить поверхностный теплообменник, охлаждающей средой в котором является вода после АБХМ с температурой +5... +10°C. Охлажденная в АБХМ до +5...+10°C вода позволит остудить цикловой воздух на входе в ГТУ до +15... +20°C. Предложенное решение актуально для южных регионов нашей страны и позволяет увеличить электрическую мощность ГТУ до 30 %. Основным преимуществом применения АБХМ для снижения температуры циклового воздуха ГТУ заключается в возможности использования как напрямую выхлопные газы ГТУ, так и горячую воду/пар из котлов-утилизаторов ПГУ. Таким образом, холод производится, в основном, за счёт потребления бросовых источников теплоты. Также благодаря возможности АБХМ охлаждать жидкость до 0°C, можно получать охлажденный воздух более низкой температуры, что позволяет получать эффект большее число часов в году.

Список литературы

1. Бараненко А. В. Холодильные машины / Бараненко А. В., Бухарин Н. Н., Пекарев В. И., Тимофеевский Л. С.; Под общ. ред. Л. С. Тимофеевского // — СПб.: Политехника, 2006 г. – 133 с.
2. Романюк В. Н. Абсорбционные тепловые насосы в тепловой схеме ТЭЦ для повышения ее энергетической эффективности / В. Н. Романюк, Д. Б. Муслина, А. А. Бобич и др. // Энергия и менеджмент. – 2013. – № 1(70). – С. 14–19.
3. Шилкин Н. В. Абсорбционные холодильные машины // АВОК. 2008. № 1.– С. 41-46.

Increasing the thermal power of a gas turbine unit by lowering the temperature using absorption refrigeration machines

* Khusainova D. F., Khusainov A. I., Zamaleev M. M.

Ulyanovsk State Technical University, 432027, Russia, Ulyanovsk, st. Northern Crown, 32

To solve the problem of reducing the electrical power of the gas turbine unit, at elevated outside air temperatures, it is proposed to install a surface heat exchanger on the cycle air line in front of the gas turbine compressor, the cooling medium in which is water after the ABCM with a temperature of +5...+ 10 °C. Water cooled in the ABHM to +5...+ 10 °C will cool the cycle air at the gas turbine inlet to +15...+ 20 °C. The proposed solution is relevant for the southern regions of our country and allows increasing the electrical capacity of the gas turbine plant up to 30 %. The main advantage of using ABHM to reduce the temperature of the cycle air of a gas turbine unit is the possibility of using both the exhaust gases of the gas turbine unit and hot water / steam from the waste heat boilers of the CCGT unit. Thus, the cold is produced mainly through the consumption of waste heat sources.

Keywords: absorption refrigeration machines, gas turbine plants, combined cycle plants, thermal energy.