

СЕКЦИЯ 4

ТЕПЛООБМЕН И ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ТЭС И АЭС

УДК 629.76

ПРИМЕНЕНИЕ АБСОРБЦИОННЫХ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В СИСТЕМЕ ГОРОДСКОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

С.И. Страчинский, В.В. Янчук

Белорусский национальный технический университет

Республика Беларусь импортирует около 85% первичных энергоресурсов. Поэтому увеличение эффективности использования данных ресурсов является главным из направлений в решении проблемы современности энергетики – энергосбережения [1]. Поэтому в этой сфере основными можно считать следующие виды деятельности: реализация мероприятий, связанных с развитием возобновляемых и нетрадиционных источников энергии и использованием возобновляемых энергоресурсов; разработка высокоэффективных систем управления энергосбережением и средств контроля за эффективным использованием тепловых энергоресурсов.

В связи с этим, все большую актуальность приобретают вопросы применения тепловых насосов для использования низкопотенциальных источников теплоты. Особенно популярны в последнее время абсорбционные насосы, на привод которых используется более дешевая тепловая энергия, по сравнению с необходимостью подвода дорогостоящей электрической энергии к парокомпрессионным машинам.

Абсорбционный тепловой насос использует подведенную теплоту для повышения низкой температуры теплового потока из окружающей среды – например, теплоту сбросных потоков, солнечную, геотермальную – до такого температурного уровня, при котором он может быть полезно использован. Теплота, которая подводится к тепловому насосу при высокой температуре, затем снова используется в среднем температурном уровне вместе с теплотой из окружающей среды, которая абсорбируется при низкой температуре с последующим повышением температурного уровня. Такое преобразование тепловых потоков, выполняемое при помощи абсорбционного теплового насоса, основано на повышении температуры кипения раствора хладагента по сравнению с чистым хладагентом. Абсорбционная теплонасосная установка состоит из четырех главных элементов – испаритель, абсорбер, конденсатор и генератор, которые работают на двух разных уровнях давления. Хладагент испаряется при низком давлении в испарителе и возвращается в жидкую фазу в абсорбере, повышая концентрацию раствора. Затем в генераторе раствор кипит при высоком давлении, происходит испарение чистого хладагента и восстановление сорбционной способности раствора. Полученный хладагент конденсируется в конденсаторе и возвращается в испаритель. Раствор хладагента циркулирует между абсорбером и генератором, обеспечивая не-

прерывность действия установки. Теплообменник служит для регенерации значительного количества теплоты внутри контура раствора, увеличивая эффективность работы цикла. Испарение хладагента и восстановление раствора обеспечиваются за счет подвода теплоты из окружающей среды и высокопотенциальной теплоты. В процессе абсорбции и конденсации полезная теплота выделяется в абсорбере и конденсаторе [2].

Абсорбционные тепловые насосы представляют собой одноступенчатые и двухступенчатые установки с работающие на водном растворе бромида лития. Тепловая эффективность одноступенчатых установок (COP – коэффициент преобразования – отношение полученной полезной теплоты к подведенной) составляет около 1,7. Вследствие более высокой температуры подведенной теплоты, тепловая эффективность двухступенчатых установок достигает примерно 2,2. Следовательно, применением абсорбционных тепловых насосов можно сэкономить около 50% первичной энергии, требуемой для получения необходимого количества теплоты. Получаем даже большую экономию первичной энергии по сравнению с пароконпрессорными тепловыми насосами, где необходимо учитывать коэффициент преобразования энергии топлива в электрическую на электростанции, чтобы оценить затраты первичной теплоты на получение конечного количества полезной теплоты.

Установки на бромиде лития широко применяются для производства охлажденной воды в сфере комфортного кондиционирования. Одна и та же рабочая жидкость и одна и та же конструкция главных элементов теплового насоса может применяться для полезно используемой теплоты с температурой от 10 °С до 180 °С и тепловой мощности от 50 до 5000 кВт. Это упрощает развитие таких установок специального назначения по сравнению с пороконпрессорными тепловыми насосами, где для обеспечения соответствия требованиям заказчика всегда необходимо подбирать подходящий хладагент и компрессор, учитывая температурные уровни, коэффициент сжатия, мощность и т.д.

Тепловой расчет абсорбционных тепловых насосов основывается на теплофизических свойствах рабочего тела. Если рабочее тело – бромид лития, температура источника теплоты должна быть выше температуры кристаллизации воды и концентрация соли в растворе должна быть ограничена, чтобы избежать кристаллообразования.

В зависимости от применения, тепловой насос может выполнять несколько функций, таких как повышение температуры источника до уровня полезного использования или постепенное падение температуры внешних теплоносителей, т.е. цепь источников теплоты, цепь полезной теплоты или источник приводной теплоты. Для оптимизации работы теплового насоса применяются многоступенчатые циклы или, так называемые, сдвоенные конструкции. С применением многоступенчатости разница температур высокопотенциального, низкопотенциального источников теплоты и температура выходного потока, может варьироваться. Одновременно с увеличе-

нием разности температур при применении двухступенчатого цикла происходит увеличение COP. Сдвоенные конструкции элементов, работающих при низком давлении – испаритель/абсорбер или работающих при низком давлении – генератор/конденсатор, могут применяться для сглаживания больших разностей температур внешних источников теплоты.

За рубежом теплонасосная техника находит широкое применение для целей теплоснабжения жилых и офисных зданий более 30 лет.

В Мюнхене в новом развивающемся спальном районе с 300 домами установлена местная система отопления с использованием солнечной энергии. На всех крышах с южной ориентацией установлены солнечные панели; их общая площадь составляет 3600 м². На строительной площадке смонтирован накопительный бак для горячей воды емкостью около 5700 м³ и общей высотой 16 м. Такая система хранения теплоты позволит покрывать часть зимней отопительной нагрузки за счет солнечной энергии, накопленной в летний период, хранящейся при температурах, достигающих 90 °С [3].

Для повышения эффективности хранения энергии, в инновационную систему отопления с использованием солнечной энергии встраивается абсорбционный тепловой насос. После прямого использования горячей воды из накопителя, вода с низкими температурами в интервале от 45 °С до 19 °С будет подводиться к испарителю теплового насоса. Таким образом годовое количество солнечной энергии, которую можно передать в отопительную систему, возрастает и уменьшается количество теплоты, которую необходимо подводить от стороннего источника. При этом не требуется увеличивать размеры наиболее дорогостоящих элементов, системы солнечных коллекторов и накопительного бака. Приводом абсорбционного насоса является горячая вода из подающей магистрали системы городского районного отопления.

Для обеспечения надежной работы в изменяющихся условиях на протяжении отопительного периода, тепловой насос спроектирован на температуру обратной воды системы отопления в интервале 20–40 °С, которая входит в абсорбер, и температуру потока, выходящего из конденсатора, около 55 °С. В цикле циркуляционной воды (источник теплоты/сезонный накопитель) на протяжении отопительного сезона температура подводимой к испарителю теплоты падает с 45 °С до 10 °С. Предполагается, что температура выходящего из испарителя потока составит 5–10 °С в конце отопительного периода для более полного использования всей накопленной теплоты. Температура в системе отопления зависит от температуры окружающей среды и лежит в интервале от 120 °С до 90 °С.

Чтобы достичь повышения температуры примерно на 45 °С между выходом из испарителя и выходом из конденсатора и больших перепадов температур в трех внешних контурах теплоносителей, т.е. около 10 К в контуре охлажденной воды, 25 К в контуре циркуляционной воды, 30 К в контуре горячей воды, для применения были выбраны сдвоенные конструкции испарителя/абсорбера и генератора/конденсатора, что эквива-

лентно последовательному соединению одноступенчатых установок. Таким образом, данная установка включает в себя восемь главных теплообменных аппаратов и четыре ступени давления, т.е. два разных уровня давления в испарителе и два в конденсаторе, и каждый внешний контур воды последовательно проходит через две абсорбционные установки. Такая схема позволяет получить значительную площадь общей поверхности восьми теплообменников и высокий коэффициент COP теплового насоса, равный 1,7. Эти два абсорбционных агрегата были объединены в одну установку, только имеют два кожуха, и устанавливаются на общем фундаменте. Установка была введена в эксплуатацию весной 2007 года.

Более востребованными в Беларуси в силу климатических условий страны и специфики промышленных предприятий, большей частью тепло-технологических, могут стать абсорбционные тепловые насосы, предназначенные для получения горячей воды температурой до 90 °С для нужд отопления и ГВС.

На системы теплоснабжения в Беларуси приходится 40% всех потребляемых топливно-энергетических ресурсов. Расходуемая системами горячего водоснабжения энергия в конечном итоге также рассеивается в окружающей среде и, как принято считать, составляет до 30% энергии, необходимой системе теплоснабжения. Однако низкая температура таких источников не позволяет их прямое повторное использование.

Котельные занимают доминирующее место в системе теплоснабжения страны, причем многие являются производственно-отопительными. Рядом с ними в большинстве случаев располагаются предприятия, имеющие низкотемпературные потоки теплоты.

Уже сегодня частично налажено использование таких потоков. АБТН при сопряжении с котельными обеспечивают до 40 % экономии топлива. Соответственно очевидна экономия средств, т.к. топливная составляющая себестоимости отпускаемой котельной тепловой энергии высока и может достигать 90%.

Список использованных источников

1. Алексеева, Т. А. Основы энергосбережения: учеб.-метод. комплекс для студентов специальностей 1-39 02 01 «Моделирование и компьютерное проектирование РЭС», 1-39 01 01 «Радиотехника» / Т.А. Алексеева. – Новополоцк: ПГУ, 2014. – 152 с.

2. Хрусталёв Б.М. Техническая термодинамика: Учебн. В 2-х ч., ч. 1. / Б.М. Хрусталёв, А.П. Несенчук, В.Н. Романюк и др. – Мн.: УП «Технопринт», 2004. – 487 с.

3. Application of customized absorption heat pumps for utilization of low-grade heat sources/Christian Keil [et al.] // Applied Thermal Engineering. – 2008. – Vol. 28. – P. 2070-2076.

4. Хрусталёв Б.М. К вопросу о развитии систем теплоснабжения в Беларуси / Б.М. Хрусталёв, В.Н. Романюк, Т. В. Бубырь // Энергия и Менеджмент. – № 4-5. – 2014. – С. 2-7.