

ды вакуумированным пространством, что позволяет практически полностью устранять потери теплоты в окружающую среду за счет теплопроводности и конвекции. Такой коллектор обеспечивает сбор теплоты в любую погоду.

Солнечные коллекторы обычно используются в системах автономного теплоснабжения. Конструктивными элементами такой системы являются:

- коллекторы, которые размещаются на крыше дома или возле него;
- бак-накопитель, в котором хранится нагретая вода, и из которого ее можно изымать для различных нужд.

Когда температура воды в коллекторе превысит температуру в баке, система управления включает насосы, что заставляет воду циркулировать между коллектором и баком. Чтобы иметь теплую воду и отопление в периоды неблагоприятных погодных условий и в зимнее время в систему интегрируется котел на древесном топливе, газе, электронагреватель и ее подключают к центральному отоплению.

Использование в системах автономного теплоснабжения солнечных коллекторов позволяет экономить дорогостоящее углеводородное топливо, снижая при этом выбросы загрязняющих веществ в окружающую среду.

УДК 621.181.234:621.11

Студ. М. В. Гринюк

Науч. рук. д.т.н., профессор В. И. Володин

(кафедра энергосбережения, гидравлики и теплотехники, БГТУ)

МИНИ-ТЭЦ С ТЕРМОМАСЛЯНЫМ КОТЛОМ И ОРГАНИЧЕСКИМ РАБОЧИМ ТЕЛОМ

В настоящее время становится эффективным применение небольших по мощности теплоэлектроцентралей (мини-ТЭЦ). Использование мини-электростанций в ряде случаев экономически выгоднее, чем производство энергии на крупных ТЭЦ. Несмотря на то, что применение малых теплофикационных мощностей берет начало в 50-х гг. прошлого столетия, имеется ряд новых аспектов, которые следует учитывать на современном этапе развития теплоэнергетики.

В настоящее время на Западе часто используются мини-ТЭЦ с органическим циклом Ренкина. Принцип органического цикла Ренкина идентичен паровому циклу: паровая турбина преобразовывает тепловую энергию в механическую и, наконец, в электрическую энергию с помощью электрического генератора. Отличие заключается в том,

что в паровом цикле Ренкина в качестве рабочего тела используется вода, в то время как в органическом цикле – органические жидкости с низкой температурой кипения (пентан, аммиак, силиконовое масло). Если для нагрева органического вещества необходимо использовать котел, то применяются специальные термомаслянные котлы, в которых рабочим телом является термомасло.

Термомасло используется в качестве промежуточного теплоносителя для того, чтобы исключить перегрев органической жидкости. Оно представляет собой нефтяное масло-теплоноситель, отличающееся достаточно высокой термической стабильностью и температурой самовоспламенения. Их изготавливают на минеральной или синтетической основе. Они могут использоваться как в закрытых (безвоздушных) пространствах, так и в условиях открытых контуров (например, в ванне или в двойном котле). Термомасла обозначают аббревиатурой «АМТ», которая расшифровывается как «ароматизированное масло-теплоноситель», так как в процессе глубокой переработки нефти в их составе накапливается высокий процент содержания ароматических углеводородов. Цифра, которая обычно следует за этим буквенным обозначением, указывает на верхнюю границу диапазона рабочих температур, при которой допустимо использовать данное масло в течение длительного периода времени. Для отдельных синтетических теплоносителей максимальная допустимая верхняя граница составляет около 410°C. Обычно максимальная температура колеблется в диапазоне от 280°C до 320°C. Для некоторых видов масла минимальный нижний предел температур может начинаться от -115°C.

По сравнению с традиционными теплоносителями, такими как вода и пар, термомасла имеют ряд преимуществ:

- более широкий диапазон рабочих температур;
- большая теплоемкость и высокий коэффициент теплоотдачи;
- защита отопительных систем и другого оборудования от коррозии;
- высокая точка кипения, которая обеспечивает низкое давление и хорошую циркуляцию в системе;
- возможность применения закрытого технологического цикла, что обеспечивает экологическую безопасность.

В целом применение термомасел в качестве теплоносителей позволяет получать более высокие температуры рабочей среды при более низких давлениях, что значительно сокращает стоимость используемого оборудования и повышает эффективность систем теплоснабжения.

Нагретое термомасло с помощью теплообменника передает тепло органической жидкости, в результате чего оно испаряется. Одна из

особенностей низкокипящего рабочего тела – возможность использовать тепло низкопотенциальных источников для его нагрева (тепло технологические процессы, геотермальная энергия) (температура испарения пентана – 36 градусов).

Еще одну особенность органического рабочего тепла можно выделить, проанализировав T-s-диаграмму кривых насыщения воды и органических жидкостей [1]. У органических жидкостей кривая насыщения пара (правая кривая) более близка к вертикали, в то время как для воды эта кривая имеет пологий наклон. В результате этого можно сделать вывод, что пар органических жидкостей сохраняет свои качества в конце процесса расширения, в результате чего нет необходимости перегревать пар перед входом в турбину.

В общем виде ОЦР выглядит так [2].

На выходе из турбогенератора ставится регенератор, где отработанный пар передает часть тепловой энергии жидкости, направляющейся в нагреватель.

Основные различия между ОЦР и паровым циклом заключаются в следующем:

1) как отмечалось ранее, органические жидкости обычно остаются перегретым в конце расширения. Таким образом, нет необходимости для перегрева в циклах ОЦР, в отличие от паровых циклов, где необходимо перегревать рабочее тело до температур выше 450 °С, что приводит к более высоким термическим напряжениям в котле и на лопастях турбины, и повышает ее стоимость. Отсутствие конденсации также снижает риск коррозии на лопастях турбины, и продлевает срок службы до 30 лет, а для паровых турбин срок службы - 15-20 лет.

2) В связи с более низкой точкой кипения и благодаря правильно подобранным органическим рабочим жидкостям, высокая температура может быть восстановлена при гораздо более низких температурах. Например, за счет геотермальных источников.

3) В циклах ОЦР имеется возможность использовать прямоточные котлы, что позволяет избегать паровых барабанов и рециркуляции (кратность циркуляции воды = 1). Это связано с относительно маленькой разницей в плотности между паром и жидкостью. Напротив, низкая плотность пара в паровых котлах может произвести совсем другую теплопередачу из-за характеристик перепада давления между жидкостью и паром.

4) Высокое давление. В паровом цикле давления около 60-70 бар (6000-7000 кПа) и термические нагрузки усложняют и повышают стоимость парового котла. В ОЦР давление не превышает 30 бар (3000 кПа). Кроме того, рабочая жидкость испаряется непосредственно не за счет

источника тепла (например, горелка биомассы), а через промежуточный контур теплообмена. Это упрощает рекуперацию тепла.

5) Эффективность текущих высоких температур цикла ОЦР составляет 24%. Типичный паровой цикл имеет тепловой КПД около 30%, но с более сложным строением.

Исходя из всего вышесказанного, можно сделать вывод о том, что органический цикл Ренкина больше подходит для работы в низких и средних диапазонах мощностей. Также у цикла сравнительно простое строение и он не требует сложных для производства компонентов. Следовательно, он более адаптирован к децентрализованному производству электроэнергии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шубаров, Н. С. Сравнение органического и парового циклов Ренкина // Молодой ученый. – 2017. – № 21 (155). – С. 160–163.

2. ORC System [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.turboden.com/products/2463/orc-system>. – Дата доступа: 16.04.2020.

УДК 621.1

Студ. Д.А. Авдей

Науч. рук. ст. преподаватель С.В. Здитовецкая

(кафедра энергосбережения, гидравлики и теплотехники, БГТУ)

ПЕРЕВОД ПАРОВОГО КОТЛА В ВОДОГРЕЙНЫЙ РЕЖИМ РАБОТЫ

Одним из путей реконструкции существующих котельных является перевод паровых котлов в водогрейный режим работы без генерации пара. Реконструкция котла повышает экономичность установки за счет снижения затрат топлива и электроэнергии на собственные нужды, т. к. отпадает необходимость в питательных насосах с электрическим приводом, не требуется непрерывной и периодической продувок, упрощается схема химической водоподготовки ввиду того, что требования к сетевой воде ниже чем к питательной.

В настоящее время большая часть паровых котлов, эксплуатируемых на промышленных предприятиях, выработали свой ресурс, имеют ограничение по нагрузке, параметрам пара и числу пусков и относятся к неэкономичному, не удовлетворяющему критериям надежности оборудованию, требуют вывода из эксплуатации и последующего дорогостоящего демонтажа.

Для продления срока службы оборудования, широкое применение получили варианты реконструкции с полным или частичным пе-