

ТРИГЕНЕРАЦИОННЫЕ ТУРБОДЕТАНДЕРНЫЕ УСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ НИЗКОКИПЯЩИХ РАБОЧИХ ТЕЛ

В. П. Ключинский

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель А. В. Овсянник, канд. техн. наук, доцент

Тригенерация – это процесс организации выработки одновременно трех энергий: электричества, тепла и холода. Получение первых двух есть когенерация, т. е. первые две составляющие. Тригенерация является более выгодной по сравнению с когенерацией, поскольку дает возможность эффективно использовать утилизированное тепло не только зимой для отопления, но и летом – для кондиционирования помещений или для технологических нужд [1].

Энергия, вырабатываемая на таких установках, может быть использована как локально, например, тригенерационным энергокомплексом на вторичных энергетических ресурсах, установленным на промышленном предприятии для удовлетворения собственных нужд предприятия [2], или тригенерационным энергокомплексом – для нужд жилых помещений, так и тригенерационным энергокомплексом на базе ТЭС для удовлетворения нужд населенных пунктов в электроэнергии, холоде и тепле.

Централизованное хладоснабжение рассматривается авторами [3] как исключительно эффективное энергосберегающее мероприятие, приводящее, кроме всего прочего, к снижению выбросов вредных веществ в окружающую среду.

Сектор искусственного охлаждения (включая кондиционирование) потребляет около 17 % всей используемой в мире электроэнергии. Потребление холода с каждым годом неуклонно растет. Предполагаемый рост глобальной потребности в электроэнергии для целей охлаждения к 2030 г. может стать эквивалентным трехкратной величине производимой сегодня электроэнергии в Великобритании.

Обилие возможных технических решений при создании тригенерационных турбодетандерных установок определяется не только различием принципов работы электрогенерирующего оборудования, но и термотрансформаторов, генерирующих тепло и холод. Если для привода термотрансформаторов парокompрессионного и воздушного типа требуется электроэнергия, то основным видом энергии для привода термотрансформаторов абсорбционного типа является тепло, которое может подаваться на него в виде потоков пара, жидкости, газа или продуктов сгорания, а электроэнергия необходима лишь для привода насосного оборудования, входящего в состав абсорбционного термотрансформатора [4]. При этом генерация тепла и холода в термотрансформаторах может быть как совмещенной (в одном термотрансформаторе), так и отдельной (в одном термотрансформаторе – тепло, в другом – холод).

Тригенерационные турбодетандерные установки на низкокипящих рабочих телах могут работать с применением следующих циклов: органический цикл Ренкина (ОРИ) и цикл Калины. Рассмотрим более подробно данные циклы.

В органическом цикле Ренкина в качестве рабочего тела используются органические жидкости, которые характеризуются низкими температурами кипения. Благодаря этому, испарение рабочего тела происходит при относительно низкой температуре, что и позволяет утилизировать низкопотенциальную энергию.

На рис. 1 представлены схема и диаграмма в T - s координатах органического цикла Ренкина.

Принцип работы схемы следующий: насос 1 закачивает рабочее тело в жидком состоянии в нагреватель 2 (процесс 4-5), где при высоком давлении оно испаряется и перегревается (процесс 5-6-7-1), далее пар попадает в турбину 3, в которой, расширяясь, совершает работу (процесс 1-2). Вал турбины вращается и приводит в действие электрогенератор. Отработанный пар охлаждается, и рабочее тело конденсируется в конденсаторе 4 (процесс 2-3-4). Далее вещество в жидком состоянии попадает в насос и цикл замыкается.

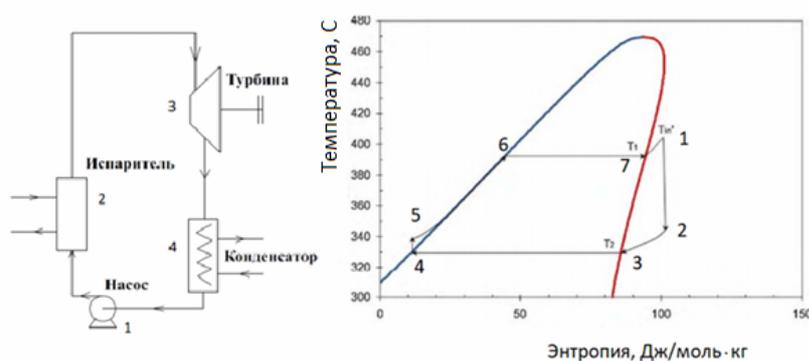


Рис. 1. Схема и T - s диаграмма органического цикла Ренкина с перегревом

Данный цикл находит все более широкое применение. Наиболее перспективными областями применения данного цикла являются использование солнечной энергии как источника тепла в ОРЦ цикле, применение в качестве источника тепла биотоплива, геотермальная энергетика, утилизация тепловых отходов предприятий и двигателей внутреннего сгорания.

Цикл Калины схож с органическим циклом Ренкина, однако рабочим телом в данном цикле является бинарная смесь, чаще всего – водоаммиачный раствор. Схема и T - s диаграмма цикла Калины представлена на рис. 2. Из конденсатора бинарная смесь насосом подается в нагреватель (процесс 1-2), где нагревается, парообразуется и перегревается (процесс 2-3), после испарения данная смесь поступает в турбодетандер и совершает механическую работу по вращению вала турбодетандера и связанного с ним генератора (процесс 3-4). Отработавшие пары бинарной смеси поступают в конденсатор, где конденсируются и цикл замыкается.

Отличительной особенностью данного цикла является то, что компоненты рабочего тела имеют разные критические температуры, т. е. равновесное состояние между жидкой и газообразной фазами у каждого из них наступает при различных параметрах. В ходе процесса состояние бинарной смеси и, соответственно, концентрация в ней компонентов непрерывно меняется. Это позволяет оптимизировать пе-

ренос тепла при испарении и конденсации рабочего тела. Таким образом, при фазовом переходе (во время испарения и конденсации) в отличие от цикла Ренкина происходит изменение температуры рабочего тела, т. е. при испарении (рис. 2) повышается температура бинарной смеси – от температуры $T_{и1}$ до температуры $T_{и2}$, аналогично и при конденсации происходит понижение температуры от $T_{к2}$ до $T_{к1}$, соответственно. Таким образом средняя температура поглощения тепла $T_{и,ср}$ будет выше, чем в цикле Ренкина, а средняя температура отвода тепла $T_{к,ср}$, соответственно, будет ниже. Как следствие – термический КПД данного цикла по сравнению с циклом Ренкина будет выше, но и конструкция данной установки будет более сложной.

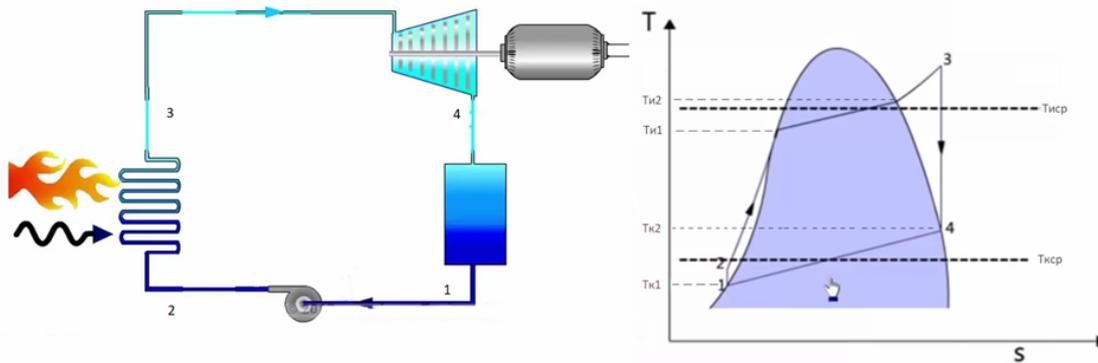


Рис. 2. Схема и T - s диаграмма установки, работающей по циклу Калины

Область применения данного цикла аналогична области применения ОРЦ, но с более низким диапазоном температур источника тепла. Данный цикл чаще всего используется для утилизации низкотемпературных ВЭР и на геотермальных электростанциях.

Таким образом, тригенерационные турбодетандерные циклы на низкокипящих рабочих телах являются современными, высокоэффективными энергосберегающими технологиями, позволяющими утилизировать низкопотенциальные вторичные энергетические ресурсы, что весьма актуально для Республики Беларусь.

Литература

1. Кокорин, О. Я. Энергетические и экономические преимущества объединения автономных источников теплоснабжения зданий с источниками холодоснабжения систем кондиционирования воздуха / О. Я. Кокорин // Холодил. техника. – 2003. – № 1. – С. 6–9.
2. Кокорин, О. Я. Системы кондиционирования воздуха, отопления и вентиляции с энергообеспечением от собственного источника / О. Я. Кокорин // Холодил. техника. – 2001. – № 8. – С. 11–12.
3. Haider, M. Fuslegung und Wirtschaftlichkeit von KWKK – Anlagen / M. Haider, G. Luedking // Luft und Kaltetchnik. – 2005. – № 7.
4. Галимова, Л. В. Абсорбционные термотрансформаторы в системах энергосбережения / Л. В. Галимова // Холодил. техника. – 2004. – № 5. – С. 24–25.