

3. *Капельные ТМУ* (оросители решетчатой структуры). Являются самыми эффективными оросителями, так как съем тепла с капель гораздо выше, чем с пленки. Структура и величина поверхности охлаждения, образующейся при раздроблении воды в решетнике, – капли воды, попадающие на элементы, ударяются об них, дробятся, образуя новые капельные структуры с новой поверхностью контакта с воздухом. При этом многоярусный ороситель одновременно уменьшает среднюю скорость падения капель и перемешивание воды по пути ее движения.

Перемычка между сливными циркуводоходами. Из-за особенностей схемы подключения сливных трубопроводов после конденсаторов турбин к магистральным сливным циркуводоходам происходит неравномерное распределение расходов воды между градирнями, а также между половинами каждой из градирен.

Для уменьшения неравномерности распределения потоков воды между охладителями и сливными магистральными циркуводоходами была установлена перемычка (Ди 1600).

Выполнение реконструкции водоохлаждающего устройства градирни № 1 Гомельской ТЭЦ-2 с повышением охлаждающей эффективности на 4 °С за период года с положительными температурами наружного воздуха позволит дополнительно выработать 6,4 млн кВт · ч электроэнергии в год и соответственно получить экономию топлива 1947 т у. т. за счет улучшения вакуума в конденсаторах турбин.

Положительный опыт реконструкции и модернизации водоохлаждающего устройства градирни № 1 Гомельской ТЭЦ-2 далее можно использовать как при реконструкции существующих, так и при строительстве новых вентиляторных и башенных градирен не только на объектах Белорусской энергосистемы, но и на других промышленных предприятиях Республики Беларусь.

Л и т е р а т у р а

1. ГПО «Белэнерго». – Режим доступа: <https://www.energo.by>. – Дата доступа: 01.04.2021.
2. РУП «Гомельэнерго». – Режим доступа: <https://www.gomelenergo.by>. – Дата доступа: 01.04.2021.

ГАЗОПОРШНЕВЫЕ УСТАНОВКИ

А. С. Кохан

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

Научный руководитель Н. В. Широглазова

Газопоршневая установка (ГПУ) – это вид энергетического оборудования, предназначенного для децентрализованного производства электрической энергии.

Основу газопоршневой установки составляет приводной двигатель внутреннего сгорания (ДВС), работающий на природном газе или жидком топливе. На одной раме с ним установлен синхронный электрический генератор.

Двигатели внутреннего сгорания, использующие в качестве топлива газ, называют газопоршневыми двигателями (ГПД).

Принцип работы двигателя газопоршневой установки. Газопоршневой двигатель, используемый в ГПУ, является конструктивной разновидностью двигателя внутреннего сгорания. Источником энергии, вырабатываемой ГПД, служит теплота сгорания различных видов топлива, таких, как природный газ, факельный газ, газ сточных вод, биогаз, газ мусорных свалок, коксовый газ, попутный газ, дизельное топливо, СПГ, пропан, мазут, нефть.

Различают следующие виды видов работы ГПУ.

Двигатели типа SG. Газовые двигатели, работающие на бедных смесях. Представляют собой двигатели на обедненной смеси с искровым зажиганием. В этих двигателях газ смешивается с воздухом до подачи во впускные клапаны. Во время цикла всасывания газ поступает также в небольшую форкамеру, где газоздушная смесь более обогащенная, чем смесь в цилиндре двигателя. В конце фазы сжатия смесь в форкамере воспламеняется с помощью свечи. Пламя из сопла форкамеры воспламеняет газоздушную смесь во всем цилиндре, в результате чего происходит ее быстрое сгорание. После рабочей фазы дымовые газы удаляются из цилиндра и цикл повторяется [3].

Двухтопливные двигатели (DF). В двухтопливных двигателях при работе в газотопливном режиме также применяется процесс сжигания обедненной смеси. Здесь газ смешивается с воздухом до подачи во впускные клапаны во время периода забора воздуха. После фазы сжатия газоздушная смесь воспламеняется небольшим количеством жидкого пилотного топлива. После завершения рабочей фазы выпускные клапаны открываются, и цилиндр освобождается от продуктов сгорания. Входные воздушные клапаны открываются после закрытия выпускных клапанов, и процесс начинается заново. Двухтопливный двигатель также оснащен системой резервного топлива. В жидкотопливном режиме двигатель работает по дизельному циклу с приводом топливных насосов от распредвала, работающих параллельно в резервном режиме. Двигатель может переключаться с дизельного на газотопливный режим, не прекращая работы [3].

Газодизельные двигатели (GD). На всех режимах газодизельный двигатель работает по циклу дизеля. В газотопливном режиме газ подается в цилиндр под высоким давлением и воспламеняется от впрыска пилотного топлива. Количество пилотного топлива эквивалентно примерно 5 % энергии всего топлива, поступающего в двигатель при полной нагрузке. Газодизель может непосредственно переключаться на работу в жидкотопливном режиме. В качестве жидкого топлива может применяться дизельное топливо, мазут или нефть. В этом случае цикл работы аналогичен традиционному дизельному циклу. В режиме работы «топливные доли» соотношение между количеством жидкого и газообразного топлива в смеси может регулироваться и изменяться во время работы двигателя. Рабочее окно режима «топливные доли» охватывает диапазон от 30 до 100 % нагрузки, а соотношение «газ/жидкое топливо» может изменяться в соответствии рабочим полем режима «топливные доли». Газодизельный процесс допускает значительные изменения качества сжигаемого газа и, поэтому особенно подходит при использовании газа низкого качества, такого, как попутный газ на нефтяных месторождениях [3].

Для чего применяется ГПУ? Основное применение ГПУ – это привод в газопоршневых электростанциях (ГПЭС). ГПЭС представляет собой комплектный, компактный, автономный и эффективный генерирующий объект по выработке электрической и тепловой энергии. ГПЭС работает на базе газопоршневого двигателя внутреннего сгорания и генератора переменного тока – газопоршневой установки. Частным случаем ГПЭС являются мини-ТЭЦ. ГПЭС решают проблемы перехода к современной, устойчивой и экономически оправданной энергосистеме. Главные преимущества этих станций – очень высокая энергоэффективность, исключительная эксплуатационная гибкость, а также возможность работы на нескольких видах топлива. Область их применения чрезвычайно широка – от стационарных и плавучих электростанций базовой нагрузки до предоставления услуг по обеспечению динамической устойчивости сети и пиковой нагрузки, компенсации значительных ко-

лебаний ветровой и солнечной энергии, а также самых разнообразных промышленных применений для автономного производства электроэнергии.

К преимуществам ГПЭС и мини-ТЭС относят:

- низкая стоимость вырабатываемой электроэнергии и тепла;
- КПД мини-ТЭС достигает 88–92 % [2];
- многотопливность;
- гибкость в конструкции, исполнении и использовании, широкий выбор технологических схем для получения электроэнергии, тепла в виде пара/горячей воды или холода;
- возможность максимально приблизить производство энергии к потребителям, а следовательно, сократить протяженность сетей, снизить затраты на их строительство и содержание;
- быстрая окупаемость [1];
- низкий расход топлива, большой моторесурс и долговечность;
- экологическая безопасность;
- высокая ремонтпригодность [3].

Мотивации использования ГПЭС и мини-ТЭС следующие:

- высокие затраты на подвод электроэнергии и тепла;
 - ограниченные возможности централизованных источников электроэнергии и тепла при расширении мощностей;
 - риск нарушения технологии или непрерывности технологических процессов из-за критического качества и количества получаемой электроэнергии и тепла;
 - в случаях, когда затраты на штрафы за выбросы в атмосферу попутного газа и прочих продуктов при нефтедобыче сопоставимы со стоимостью оборудования электростанции;
 - низкая себестоимость топлива для нефтегазовых компаний и возможность реализации электроэнергии и тепла;
 - возможность снижения зависимости от роста тарифов на электроэнергию и тепло;
- К основным недостаткам можно отнести:
- довольно низкую мощность (до 300–400 Мвт) [2].
 - более дорогие смазочные материалы. [1]

Отдельно стоит рассказать о причинах столь высокого КПД ГПЭС (почти в 2 раза выше, чем на промышленных ТЭС) [1].

На ГПЭС используют несколько типовых конструктивных решений, которые позволяют получать не только электрическую энергию, но и пар, горячую и холодную воду.

В частности, различают когенерацию и тригенерацию. При работе газопоршневой установки в режиме когенерации выработка электрической энергии является приоритетной задачей работы установки. Выработка (утилизация) тепловой энергии пропорциональна степени загрузки машины (количеству вырабатываемой электроэнергии). При превышении тепловой мощности, вырабатываемой электростанцией, над мощностью потребления, неиспользованная или лишняя часть попутного тепла газопоршневых установок сбрасывается в атмосферу. При обратной ситуации, при дефиците тепла, утилизируемого с газопоршневой установки, когда требуемая электрическая нагрузка меньше тепловой, проблему нехватки тепла решают путем установки дополнительных водогрейных или паровых котлов параллельно с системой утилизации тепла установки когенерации.

Режим когенерации является наиболее экономически целесообразным способом выработки энергоресурсов, повышая общий КПД когенерационных установок свыше 90 %. Система утилизации тепла газопоршневых электростанций позволяет снимать попутное

тепло от работающего двигателя с помощью теплообменников и котлов-утилизаторов, а также получить тепловую энергию необходимых параметров:

- горячая вода, стандартный температурный график 90/70 °С (водогрейные теплообменники и котлы-утилизаторы). При необходимости параметры можно повысить с помощью пиковых котлов;

- насыщенный пар стандартных параметров (паровые котлы-утилизаторы). При необходимости пар можно сделать перегретым при помощи пароперегревателей.

Наибольшее распространение получили водогрейные системы утилизации тепла когенерационных установок – это наиболее простые и оптимальные решения, основанные на использовании пластинчатых теплообменников и котлов-утилизаторов (КУ), нагревающих сетевую воду.

Помимо режима когенерации с одновременной выработкой двух энергоресурсов на газопоршневой установке можно с помощью специально установленного оборудования организовать режим *тригенерации* – одновременной выработки трех энергоресурсов – электроэнергии, тепла и холода.

Тригенерационные установки являются очень выгодным оборудованием в сфере малой распределенной генерации, так как позволяют использовать утилизированное с газопоршневых установок тепло не только зимой в целях отопления, но и летом для кондиционирования помещений или охлаждения в технологических нуждах. Тем самым повышается общий КПД установки, которая в таких условиях может использоваться круглый год, сохраняя высокую эффективность.

Для целей тригенерации используются абсорбционные бромисто-литиевые холодильные установки (АБХМ), предназначенные для отбора и удаления избыточного тепла от тепловых агрегатов и поддержания заданного оптимального температурного и теплового режимов. В качестве абсорбента в них используются различные растворы. Часть тепла, утилизируемого от ГПУ, подается в АБХМ для генерации холода. Холод может использоваться как для охлаждения воды, так и в системах кондиционирования, или на технологические нужды.

Литература

1. Режим доступа: <http://www.turbine-diesel.ru>. – Дата доступа: 14.03.2021.
2. Режим доступа: <https://www.wartsila.com>. – Дата доступа: 14.03.2021.
3. Официальный сайт 9-й Международной выставки «Нефть и газ» MIOGE/2017 / Каталог. – М., 26–29 июля 2007 г. – Режим доступа: <http://www.mioge.ru>.

РЕКУПЕРАЦИЯ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОГО ТЕПЛА В СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦИИ ЗДАНИЙ

О. А. Кныш

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

Научный руководитель Н. А. Вальченко

Объектом исследования являются теплоутилизационные установки системы вентиляции.

Цель работы – обоснование энергосбережения в системе приточно-вытяжной вентиляции здания за счет рекуперации тепловой энергии вентиляционных выбросов.

Произведена оценка эффективности применения теплоутилизационного устройства в системе вентиляции зданий, в результате которого рекуперативный тепло-