

Периферийные устройства блочной теплоэлектростанции

С. Зотов, к. т. н.

Все производители поставляют БТЭС максимально готовыми к работе, оснащенными шумозащитным кожухом, встроенным контроллером и первичным шумоглушителем выхлопных газов. Казалось бы: подключаешь газ, электрическую и тепловую нагрузки и нажимаешь кнопку «Пуск». Однако и заказчикам, и подрядчикам надо быть готовыми к тому, что для нормальной работы БТЭС может потребоваться дополнительное оборудование, часто весьма громоздкое и недешевое.

Интерес к блочным теплоэлектростанциям (БТЭС), когенерационным установкам на основе газопоршневых двигателей, на российском рынке энергетического оборудования неуклонно растет. К сожалению, это вызвано не столько возможностью сэкономить энергию, которую предоставляет применение БТЭС в проектах, сколько сложностью и дороговизной подключения вновь возводимых объектов к электросетям. К тому же БТЭС малой и средней мощности, выпускаемые рядом западных компаний, вполне доступны по цене и, на первый взгляд, просты в монтаже и эксплуатации, что побуждает браться за их установку монтажные фирмы с небольшим опытом в этой области.

Оборот «На первый взгляд» в предыдущем абзаце не случаен. Все производители поставляют БТЭС максимально готовыми к работе, оснащенными шумозащитным кожухом, встроенным контроллером и первичным шумоглушителем выхлопных газов. Казалось бы: подключаешь газ, электрическую и тепловую нагрузки и нажимаешь кнопку «Пуск». Однако и заказчикам, и подрядчикам надо быть готовыми к тому, что для нормальной работы БТЭС может потребоваться дополнительное оборудование, часто весьма громоздкое и недешевое.

Рассмотрим эти требования на примере когенерационных установок из-

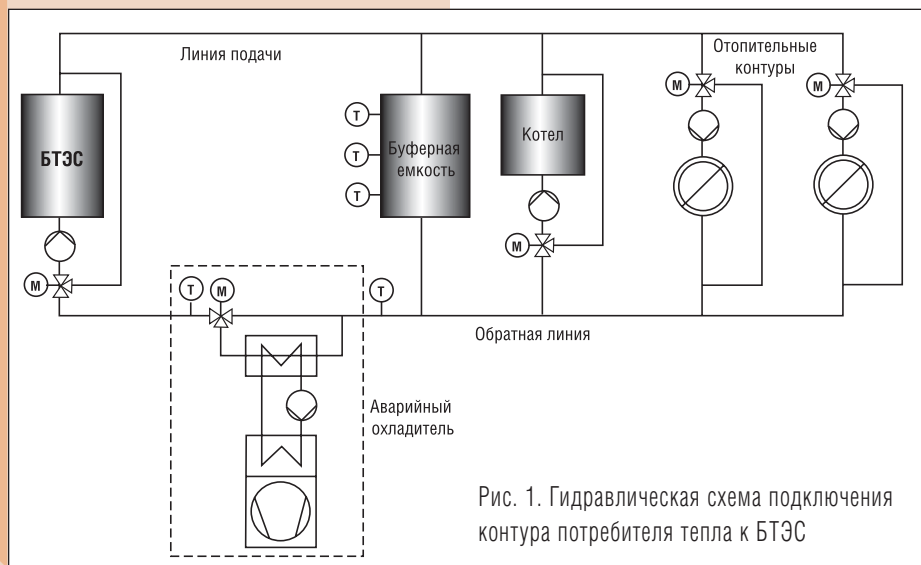
вестного немецкого производителя So-kratherm. Начнем с оснастки, обычно не входящей в комплект поставки, но необходимой всегда, какой бы ни была специфика применения БТЭС в каждом конкретном случае. Необходимость в этой оснастке обусловлена тем, что производитель ограничивает температуру воды на входе в БТЭС диапазоном 50–70 °С.

Соблюдение нижнего предела температуры обеспечивается хорошо известным способом – подмесом в обратную линию воды из линии подачи при помощи трехходового клапана с электроприводом (рис. 1).

Сложнее обстоит дело с поддержанием максимальной температуры. Номинальная температура воды на выходе из БТЭС обычно должна составлять 90 °С. При условии обеспечения рекомендованного производителем расхода воды через теплообменник БТЭС разность температур между входом и выходом должна составлять 20 °С, то есть температура на входе должна быть 70 °С. Если она поднимается выше, происходит аварийная остановка БТЭС. Как этого избежать?

В подавляющем большинстве случаев на территории нашей страны БТЭС эксплуатируются в автономном режиме. При этом регулирование работы установки производится по электрической мощности, а все генерируемое тепло должно гарантированно отводиться. Проектируя отопительную систему, получающую тепло от БТЭС, обычно стремятся к тому, чтобы теплотребность системы была не меньше максимальной производительности БТЭС по теплу. Поскольку производительность по теплу в стационарном режиме у БТЭС пропорциональна производительности по электричеству (рис. 2), при уменьшении потребления электроэнергии падает и выработка тепла. В результате в отопительной системе может образоваться дефицит тепла, который покрывается за счет работы дополнительного (пикового) котла.

Последующий рост потребления электроэнергии и, соответственно, выработки тепла БТЭС должен сопровождаться одновременным эквивалентным уменьше-



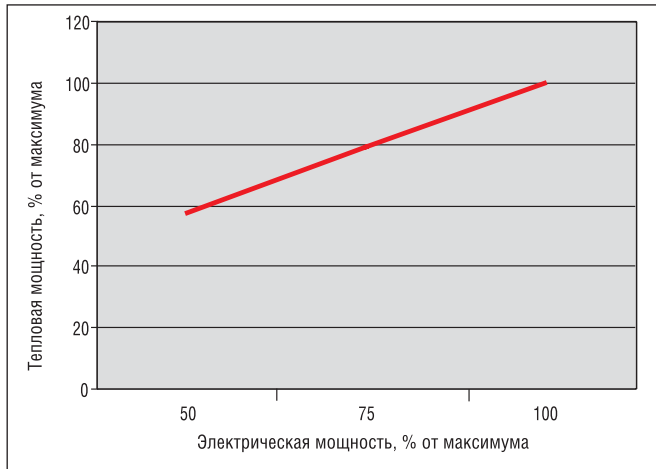


Рис. 2. Зависимость длительной производительности БТЭС по теплу от уровня выработки электрической мощности (для установки GG 140 S фирмы Sokratherm)

нием выработки тепла пиковым котлом. Однако на практике тепловая инерция котла и отопительной системы часто существенно превышает тепловую инерцию теплообменного контура БТЭС. В результате система в течение некоторого времени получает больше тепла, чем может потребить, и условие полного отвода тепла от БТЭС нарушается.

Очевидно, что в описанной ситуации каждому интервалу избытка тепла соответствует интервал его дефицита, поэтому резонно было бы в периоды избытка запасать тепло, с тем чтобы расходовать его в периоды дефицита. С этой целью БТЭС соединяется с потребителем тепла через буферную емкость (см. рис. 1). Обычно при выборе размера буферной емкости производители советуют (в отсутствие других критериев) принимать, что емкость должна обладать способностью накапливать тепло, по меньшей мере, в течение часа работы модуля. То есть можно воспользоваться одной из двух формул:

$$V_{б \min} = Q_{БТЭС} \cdot t / (c \cdot \Delta\theta)$$

или

$$V_{б \min} = Q_{БТЭС} \cdot 860 / (c \cdot \Delta\theta),$$

где $V_{б \min}$ – минимальный размер буферной емкости, л; $Q_{БТЭС}$ – номинальная тепловая мощность модуля, кВт; t – время, с; c – теплоемкость воды, кДж/(кг·К); $\Delta\theta$ – разность температур на входе и выходе модуля, К.

Так, для модуля GG 50 из каталога вышеуказанной фирмы, электрическая мощность которого составляет 50, а тепловая 82 кВт, минимальный объем буферного накопителя равен 3526 л. Однако при всей

своей вместительности подобранная таким образом емкость не поможет, если потребление тепла прекратилось больше чем на час (например, в результате аварии).

Чтобы авария системы отопления не вызвала прекращение электроснабжения, рекомендуется снабдить БТЭС теплообменником, обеспечивающим полный отвод вырабатываемого тепла (см. рис. 1). С точки зрения капитальных затрат наиболее привлекателен

водо-водяной теплообменник, однако при использовании для охлаждения воды из водопровода (что чаще всего и происходит) имеют место дополнительные эксплуатационные расходы. Альтернативой водопроводной может служить вода из поверхностных источников или технологическая, при условии соблюдения требований к ее качеству.

Если проектом предусмотрен сброс тепла в течение продолжительного времени, рекомендуется применять для этой цели водовоздушный теплообменник (сухую градирню). Для ответа на вопрос, в каких случаях такой продолжительный сброс производимого БТЭС тепла оказывается необходимым, попробуем разобраться, сколько тепла вырабатывается.

Как отмечалось выше, при определении требуемой производительности БТЭС обычно руководствуются потребностью в электроэнергии (или возможностью ее сбыта). Такой подход объясняется просто: для производства тепла есть альтернативные технологии, и удельные капитальные затраты на киловатт генерируемой БТЭС тепловой мощности в несколько десятков раз превышают затраты на обычный водогрейный котел. БТЭС могут применяться для электро- и теплоснабже-

ния жилых и общественных зданий, предприятий торговли и сферы услуг, а также небольших промышленных предприятий. Всё это разнообразие сфер применения объединяет одно: непостоянная потребность в электроэнергии, которая во всех случаях в той или иной степени зависит от сезона, дня недели и времени суток.

Для начала рассмотрим сезонную зависимость, представление о характере которой можно получить из данных о потреблении электроэнергии в Центральном регионе РФ (источник – доклад Б.И. Макклюева и В.Ф. Ёча «Характерные особенности и тенденции электропотребления регионов России», сделанный на семинаре ООО «Энергостат» в 2006 г.).

Поскольку, как уже указывалось, тепловая мощность БТЭС пропорциональна электрической, годовой график выработки тепла выглядит так же, как и график потребления электроэнергии (рис. 3).

Рассмотрим случай использования выработанного тепла только для отопления. На графике, представленном на рис. 3, показано также изменение потребности в тепле для отопления в течение года. Соотношение максимальной потребности в тепле и максимальной производительности БТЭС произвольно принято как 2 : 1. Даже если бы это соотношение в реальности оказалось сколь угодно больше, производимое с июня по сентябрь тепло всё равно оказалось бы лишним. Таким образом, использование вырабатываемого БТЭС тепла для отопления неизбежно приводит к плановому сбросу тепла, о котором говорилось выше, в течение нескольких месяцев.

Теперь о случае, когда тепло БТЭС идет на подогрев воды в системах ГВС.

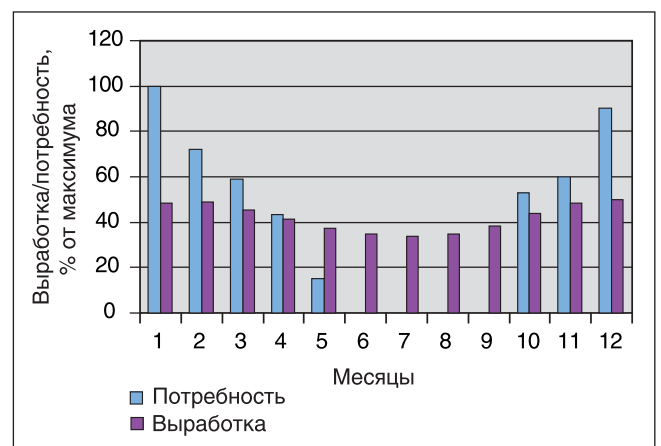


Рис. 3. Сезонные изменения выработки тепла БТЭС и потребности в тепле для отопления

ОТОПЛЕНИЕ И ГВС

Сезонные колебания потребности в тепле для ГВС не так велики, как для отопления, и обусловлены в основном двумя факторами: изменением температуры холодной воды в течение года и снижением потребления горячей воды в период летних отпусков.

График на *рис. 4* предполагает, что сезонные изменения выработки тепла и потребности в нем для ГВС пронормированы таким образом, чтобы минимум выработки совпадал с минимумом потребления. Это сделано для наглядного подтверждения тезиса о том, что система

ГВС, в отличие от отопления, способна полностью использовать производимое БТЭС тепло.

К сожалению, потребление тепла системой ГВС отличается не только сезонными колебаниями, но и существенными изменениями в течение суток. Более того, в течение суток меняется и потребление электроэнергии, а следовательно, и выработка тепла БТЭС. При этом график потребности

в тепле отличается от графика его выработки наличием двух резких пиков потребления утром и вечером (*рис. 5*).

Суточные графики, показанные на *рис. 5*, составлены исходя из условия, что суммарная суточная выработка тепловой энергии равна ее суммарному суточному потреблению. В результате получилось, что в моменты пикового потребления для одновременного нагрева воды тепла не

будет хватать, а в более «спокойные» часы – ночью и днем – часть тепла окажется лишней. Напрашивается предположение, что проблему можно решить путем аккумулирования лишнего тепла, с тем чтобы израсходовать его в период теплового дефицита.

Поскольку речь идет о приготовлении воды для ГВС, резонно в качестве аккумулятора тепла предложить бак-водонагреватель. Для определения его объема необходимо на суточном графике выработки-потребления выделить период или непрерывный ряд интервалов времени, когда аккумулированное тепло не выбирается полностью. Тогда требуемый объем аккумулятора определяют по формуле:

$$V = \sum_{t_1}^{t_2} (Q_v(t_i) - Q_n(t_i)) \cdot 3600 / c \cdot \rho \cdot (\theta_r - \theta_x),$$

где $Q_v(t_i)$ – тепловая мощность БТЭС в i -м интервале времени, кВт; $Q_n(t_i)$ – потребляемая тепловая мощность в i -м интервале времени, кВт; θ_r – температура горячей воды, °С; θ_x – температура холодной воды, °С; c – теплоемкость воды, кДж/(кг·К); ρ – плотность воды, кг/л.

Примем, что t_1 – 2-й час суток, а t_2 – 17-й, когда можно сделать запас энергии (наличие в этом интервале одного из пиков потребления тепла не должно смущать: за данный период аккумулированное за ночь тепло полностью не используется); температура холодной воды равна 15, а горячей – 70 °С (максимально допустимая температура воды, возвращающейся в БТЭС). Тогда минимально необходимый объем бака-водонагревателя для установки GG 50 (максимальная производительность по теплу – 82 кВт) составляет 2865 л.

Разумеется, равенство количества произведенного и потребленного за сутки тепла – ситуация идеальная, на практике никогда не встречающаяся. Однако предлагаемый выше подход может быть полезным при оптимизации потребления тепла, вырабатываемого БТЭС и, следовательно, увеличения экономической эффективности ее использования.

Другой аспекту эксплуатации БТЭС, с которым может быть связана необходимость установки дополнительного оборудования, – шум. Когенерационные модули Sokratherm электрической мощностью от 50 до 412 кВт выполняют в шумозащитном корпусе и снабжают ви-

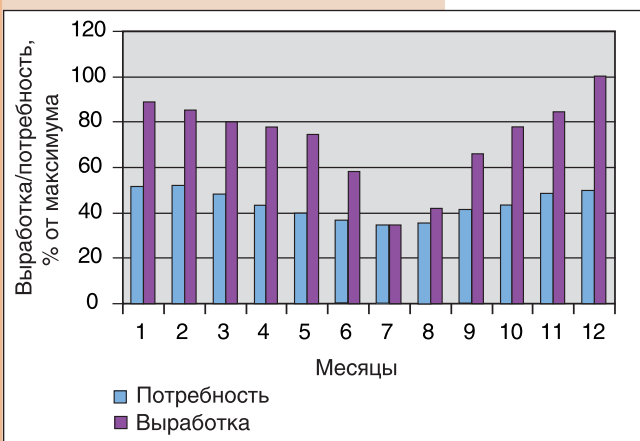


Рис. 4. Сезонные изменения выработки тепла БТЭС и потребности в тепле для ГВС

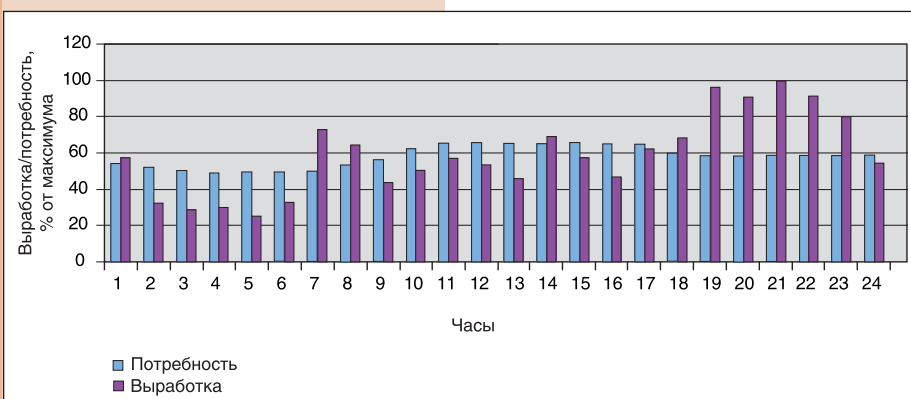


Рис. 5. Суточные изменения выработки тепла БТЭС и потребности в тепле для ГВС

Таблица. Уровень шума БТЭС GG 50

Шум	Уровень шума, дБ, без использования дополнительных устройств	Уровень шума, дБ, при использовании дополнительных устройств шумоглушения
Механический	62,0	–
От вытяжного воздуха	71,0	–
От выхлопных газов	113,0	60,0

брогасящими опорами как блока двигатель-генератор, так и самого модуля. Однако, несмотря на эти меры, установки производят значительный шум, который можно подразделить, в соответствии с каналом передачи, на механический (тот, который пробивается через обшивку), шум от вытяжного воздуха и шум от выхлопных газов (табл.).

Отметим: достаточно низкий уровень шума от вытяжного воздуха обусловлен в данном случае наличием шумоглушителей как на входе, так и на выходе вытяжного воздуха.

Если с уровнем шума, распространяющегося по первым двум каналам, еще можно мириться (учитывая, что дальнейшему его распространению препятствуют стены помещения), то шум от выхлопных газов необходимо снижать, особенно, если БТЭС располагается вблизи жилых помещений. Снизить его уровень до приемлемого значения позволяет глушитель, встраиваемый в трубопровод выхлопных газов между БТЭС и дымовой трубой.

Виброгасящие опоры минимизируют распространение вибрации через основание БТЭС. Однако этого недостаточно.

Чтобы механические колебания не распространялись по трубам систем отопления, газоснабжения, отвода продуктов сгорания, необходимо принимать дополнительные меры. С этой целью рекомендуется все подсоединения трубопроводов выполнять через сильфонные компенсаторы, а также применять виброгасящие опоры и в местах крепления труб.

В данном материале мы обошли вниманием важнейший вид периферийных устройств БТЭС, работающих на альтернативных видах газа (биогаз, коксовый, шахтный и т.д.). Речь идет об оборудовании для производства, подготовки и подачи такого топлива в БТЭС. Однако эта тема представляется настолько же обширной, насколько и нетронутой в отечественной литературе, и заслуживает освещения в отдельной статье.

Автор благодарит за предоставленные материалы ООО «Межрегионэнергокомплект».

A-T 51.202