

Опыт проектирования мини-ТЭЦ с газопоршневыми агрегатами

*Ридер К.Ф., д.т.н., Гайстер Ю.С., к.т.н.,
ОАО "Экотеплогаз", г. Москва.*

2.1. В настоящее время принята концепция использования наряду с электроэнергией, вырабатываемой на ТЭЦ РАО ЕЭС России, электроэнергии от собственных электрогенерирующих мощностей средней и малой мощности, вырабатываемых на Мини-ТЭЦ.

Концепция направлена на решение нескольких задач: повышение управляемости электроэнергетикой, ослабление влияния монополиста РАО ЕЭС, снижение затрат на выработку электроэнергии, энергосбережение. Принятое направление соответствует закону об электроэнергетике.

Важным следствием от применения Мини-ТЭЦ является независимое снабжение электроэнергией промышленных предприятий и общественных зданий, организация независимого резервного источника электроэнергии. Часто электроснабжающие организации выдают кабальные технические условия на присоединение к электрическим сетям и к экономическому эффекту от снижения себестоимости выработки электроэнергии добавляется дополнительный эффект от возможности отказа от покупки электроэнергии. Иногда отсутствие источника электроэнергии или его удаленность делает создание собственной Мини-ТЭЦ безальтернативным решением. Капитальные затраты на строительство Мини-ТЭЦ «под ключ» составляют 800-1000\$ за кВт электрической мощности. Срок окупаемости капитальных затрат от применения Мини-ТЭЦ равен примерно 5 годам.

2.2. Известны следующие виды электрогенерирующих устройств малой и средней мощности:

2.2.1. Газотурбинные установки (ГТУ). В этих устройствах газ под давлением примерно до 2,5 МПа (25 кгс/см^2) и воздух, сжимаемый в компрессоре, подаются в камеру сгорания и продукты сгорания под давлением направляются в газовую турбину, которая вращает электрогенератор.

Расширяясь в газовой турбине, продукты сгорания с температурой около 400°C утилизируются в виде теплоты, например в котлах-утилизаторах. Около 40%

энергии сжигаемого топлива идет на получение электроэнергии остальные 60% используются в виде теплоты. Распространенная единичная мощность газовой турбины от 6 – 1 50 МВт.

2.2.2. Паротурбинные установки (ПТУ). Паровая противодавленческая турбина работает в комплексе с паровыми котлами, обычно используемых в отопительных и производственных котельных. Пар с давлением 1,3 МПа (13 кгс/см²), расширяясь в турбине до давления 0, 12 МПа утилизируется в теплообменнике в виде горячей воды с требуемой температурой, например 1 50⁰С. Около 40% энергии сжигаемого топлива идет на получение электроэнергии остальные 60% используются в виде теплоты. (Пара или горячей воды.) Распространенная единичная мощность паровых турбин 0,5; 1,5; 3,5 Мвт. Давление газа перед паровыми котлами – низкое или среднее.

2.2.3. Дизельные двигатели (ДД)

2.2.4. Газопоршневые двигатели (ГПД)

2.2.4.1. ДД и ГПД конструируются на базе двигателей внутреннего сгорания.

В ДД используется дизельное топливо. В ГПД - природный газ. Давление газа перед двигателем зависит от типа двигателя внутреннего сгорания. Около 40% энергии сжигаемого топлива идет на получение электроэнергии, остальные 60% используются в виде теплоты. (Горячая вода с температурой до 110⁰С)

2.2.5. Каждый из указанных типов электрогенераторов имеет определенные достоинства и недостатки.

Оптимальный выбор электрогенератора зависит от условий, в которых он используется. Основным критерием выбора является экономическая целесообразность, надежность, простота обслуживания.

При этом должны учитываться потребности в тепле и электроэнергии, суточная и сезонная неравномерность их потребления. При выборе типа электрогенерирующих машин следует иметь ввиду ограничения, накладываемые условиями применения.

К ним относятся: финансовые ограничения, недостаток свободных земельных площадей для строительства, экология, давления газа в расположенных вблизи от Мини-ТЭЦ газопроводах и т.д.

2.2.6. Очевидно, что начальным этапом работы по проектированию Мини-ТЭЦ является выбор цели создания Мини-ТЭЦ и на основе поставленной цели, а также существующих ограничений, выбор основного оборудования Мини-ТЭЦ, в том числе типа электрогенерирующей установки.

2.3. Основные проблемы проектирования Мини –ТЭЦ рассмотрим на примере разрабатываемого ОАО « Экотеплогаз» проекта Мини-ТЭЦ, расположенной в центре Москвы. Мини-ТЭЦ предназначена для энергообеспечения торгового-гостиничного и гаражного комплекса.

2.3.1. Основной проблемой, вынудившей инвестора к строительству Мини—ТЭЦ, являлась невозможность присоединения дополнительной электрической нагрузки от Мосэнерго, в связи с дефицитом мощности.

2.3.2. Требуемая электрическая мощность Мини-ТЭЦ 7,2 МВт. Разрешенная электрическая нагрузка 1,4 МВт. Основные ограничения: экология и стесненность территории. Дополнительные требования – минимизация единовременных и эксплуатационных затрат.

2.3.3. Электрический КПД газовой турбины до 30% и около 40% у газопоршневого двигателя. Эти величины достигаются при 100% загрузке.

При снижении нагрузки до 50%, электрический КПД газовой турбины снижается почти в 3 раза. Для газопоршневого двигателя такое же изменение режима нагрузки практически не влияет как на общий, так и на электрический КПД. Выход мощности, как газопоршневого двигателя, так и газовой турбины зависит от температуры окружающего воздуха. При повышении температуры окружающего воздуха от – 30⁰С до + 30⁰С электрический КПД у газовой турбины падает на 15-20%. При температурах выше + 30⁰С, КПД газовой турбины еще ниже. В отличие от газовой турбины газопоршневой двигатель имеет более высокий и постоянный электрический КПД во всем интервале температур вплоть до +25⁰С.

Газопоршневой двигатель может запускаться и останавливаться большее количество раз, чем газовая турбина. Время до принятия нагрузки после старта составляет у газовой турбины 15-17 минут, у газопоршневого двигателя 2-3 минуты.

Давление газа в подводящем к проектируемому объекту газопроводе 0,1 МПа. Применение газовых турбин в этом случае требует использование дожимающих компрессоров.

В соответствии с правилами безопасности систем газораспределения и газопотребления. ПБ12-529-03 применение дожимающих компрессоров помимо удорожания требует определенных ограничений. Так в соответствии с п.8.1.21. дожимающие компрессоры должны располагаться в отдельном здании. По п.8.1.29. при суммарном расходе газа до 50 тыс. м³/ч количество дожимающих компрессоров должно быть не менее двух. Отсутствие свободной территории и неравномерная суточная выработка электроэнергии предопределил выбор для наших условий газопоршневых

машин. Приняты к установке 4 газопоршневых агрегата мощностью 1,8МВт.

2.3.4. Газопоршневые машины вырабатывают примерно на 1 МВт электрической энергии 1Мвт тепловой. Неравномерность потребления электроэнергии, а также величина потребления тепловой энергии в холодное время года обусловили использование газовых водогрейных котлов. В соответствии с тепловым расчетом приняты к установке два водогрейных котла 5,2 МВт каждый.

2.2.5. Наиболее экономичная работа когенераторного оборудования достигается при работе его на полную мощность. В летний период возникает проблема использования тепла от газопоршневых машин. В то же время требуется затраты энергии на кондиционирование. Выход находится при применении холодильных абсорбционных машин. Получение холода в абсорбционных машинах происходит за счёт тепла невысокого потенциала. Действие абсорбционных холодильных машин основано на поглощении (абсорбции) паров холодильного агента при давлении испарения и последующем его выделении (при давлении конденсации) путем нагревания. В качестве холодильного агента используется бромид лития.

2.3.6. Газопоршневые машины, котлы и абсорбционные машины работают в автоматическом режиме и объединены в единую систему управления (АСУ), позволяющую оптимизировать работу комплекса по критерию минимального расхода топлива при обеспечении потребностей комплекса. Сами машины и котлы имеют развитую систему автоматики безопасности и регулирования.

2.3.7. Мини-ТЭЦ работает параллельно с сетью «Мосэнерго» без выдачи электрической мощности в сеть. Такой режим обеспечивает более надежную работу газопоршневых машин, чем при автономной их работе. Упрощается также проблема синхронизации работы генераторов. В газопоршневых агрегатах используются генераторы электрической энергии с напряжением 10Квольт.

2.3.8. При выборе типа газопоршневых агрегатов предпочтение было отдано машинам, имеющим наименьшие выбросы вредных веществ. Производится каталитическое дожигание горючих веществ, находящихся в составе продуктов сгорания газопоршневых машин (CO , CH_4 , H_2) в специальных каталитических дожигателях совмещенных с шумоглушителями. Таким образом, указанные вещества в составе продуктов сгорания от газопоршневых машин отсутствуют. Для рассеивания окислов азота спроектирована шестиствольная дымовая труба высотой 80м. Для снижения уровня шума и вибрации от оборудования котельной проектом предусмотрены следующие мероприятия:

- Газопоршневые машины устанавливаются на мощные фундаменты.

- Между фундаментом и станиной машины проложена прокладка из листового виброгасящего материала « Accotube HS» (материал на базе вспененного полиэтилена) толщиной 100мм. Каждый газоход от газопоршневых машин снабжен двумя последовательно установленными шумоглушителями.
- Насосы устанавливаются на подвижные бетонные основания с резиновой прокладкой толщиной 30мм между этими основаниями и полом. Таким же образом устанавливаются котлы.

Расположенные на крыше градирни абсорбционных машин и аварийные охладители ГПД имеют шумозащитную стенку.

2.3.9. При проектировании Мини-ТЭЦ мы столкнулись с определенными трудностями. Так иностранная фирма – поставщик ГПД задерживала предоставление технической информации до момента полной оплаты за оборудование. Это вызвало необходимость в постоянной корректировке проекта.

Эта проблема должна учитываться при заключении контракта, особенно если проектирование установки данного типа оборудования ведется впервые.

При работе генераторов в автономном режиме требуется плавно-ступенчатый набор или сброс мощности. Это обстоятельство потребовало включение в систему АСУ информации о наборе (сбросе) нагрузки у потребителей и соответствующих управляющих воздействий. Большое внимание было уделено проектированию систем вентиляции в связи с наличием избыточных тепловыделений от оборудования. Разработка такого рода проектов требует привлечения высококвалифицированных специалистов различного профиля и должна носить комплексный, системный характер.

2.3.10. Несколько слов об энергоэффективности и экономике проекта. При оценке энергоэффективности работы Мини-ТЭЦ следует, также как и при расчете экономической эффективности рассмотреть альтернативные возможности энергоснабжения строящегося комплекса. С той целью рассмотрим наиболее очевидные способы альтернативного энергообеспечения комплекса:

2.3.10.1 Получение электроэнергии от электрической системы «Мосэнерго», а тепла от теплосети.

2.3.10.2 Получение электроэнергии от электрической системы «Мосэнерго», а тепла от собственной котельной.

2.3.10.3. Так как при любом способе энергоснабжения источником получения электроэнергии и тепла является природный газ, то представляется справедливым производить оценку энергоснабжения по количеству расходуемого природного газа для

всех возможных вариантов.

2.3.10.4. Энергетическая эффективность существенно отличается от экономической. Если в первом случае рассматривают непроизводительные потери энергии при выработке, транспорте и потреблении её, то во втором оценивают организационные возможности выбора варианта, сопоставляют капитальные и эксплуатационные затраты, определяют источники финансирования и сроки окупаемости капитальных затрат.

В проекте показана энергетическая эффективность принятых технических решений. Себестоимость выработки 1 квтч электроэнергии не превышает 0,4 руб., а срок окупаемости капитальных затрат составляет примерно 4 года для условий Московского региона.

2.4. В заключении хотелось бы отметить следующее обстоятельство: ОАО «Экотеплогаз» имеет опыт проектирования Мини-ТЭЦ с газовыми и паровыми противодавленческими турбинами. Выбор для конкретного объекта в качестве электрогенерирующих агрегатов газопоршневых машин связан не лоббированием этого типа агрегатов, а исключительно свойствами объекта энергоснабжения. В других случаях более рациональным могут оказаться решения по применению газовых или паровых турбин.

Материалы Конференции «Малые и средние ТЭЦ. Современные решения» 7-9 сентября 2005 г. НП "Российское теплоснабжение" , www.rosteplo.ru