

УДК 697.432

## ОСОБЕННОСТИ ОТПУСКА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ОТ ГАЗОТУРБИННЫХ ТЕПЛОЭЛЕКТРОЦЕНТРАЛЕЙ

Малащук А.М., Музыкантова К.С.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Чернышев В.И.

В настоящее время строительство электростанций различной мощности, использующих газовые турбины, работающие на природном газе, приобрело массовый характер. Причина этого: возможность достичь высоких экономических показателей по выработке электрической и тепловой энергии и обеспечить высокую конкурентоспособность с другими источниками получения электрической и тепловой энергии.

Выхлопные газы газовых турбин имеют высокую температуру - 350-450 °С. Именно использование теплового потенциала выхлопных газов и обеспечивает высокие энергетические показатели по отпуску тепловой энергии от электростанций с газовыми турбинами. ГТЭЦ как источники тепловой энергии для систем теплоснабжения имеют целый ряд существенных особенностей, отличающих их от обычных котельных. Эти особенности имеются как в тепловом, так и гидравлическом режимах отпуски тепловой энергии.

Вначале кратко перечислим основные особенности теплового режима отпуски теплоты от ГТЭЦ:

1. Высокие температуры выхлопных газов газовых турбин, что в принципе позволяет нагревать воду для систем теплоснабжения до температуры 150 °С и выше.
2. Зависимость отпуски тепловой энергии от нагрузки электрогенераторов.
3. Сложности в регулировании отпуски тепловой энергии.
4. Необходимость принятия нестандартных мер по защите поверхностей нагрева котлов-утилизаторов от коррозии.
5. Некоторые сложности в обеспечении тепловой энергией потребителей на территории самой ГТЭЦ.
6. Нестандартные графики температур воды в тепловой сети.
7. Способ оценки тепловой эффективности работы.

Принципиальной и главной особенностью ГТЭЦ является возможность получения горячей воды для целей теплоснабжения с температурой, существенно превышающей стандартные температуры в подающих трубопроводах тепловых сетей [1]. Это позволяет при сравнении альтернативных схем теплоснабжения существенно снизить капитальные затраты на строительство сетей за счет уменьшения диаметров трубопроводов, сократить эксплуатационные затраты за счет сокращения расходов электроэнергии на перекачку воды. Препятствием для повышения температуры воды могут являться технические характеристики котла-утилизатора (КУ), которые не всегда допускают нагрев воды до температуры выше 115 °С.

Поскольку ГТЭЦ производят одновременно электрическую и тепловую энергию, то неизбежно влияние графиков отпуски одного энергоносителя на график отпуски другого. Обычно все ТЭЦ работают по электрическому графику, и газотурбинные ТЭЦ не являются исключением. В итоге отпуск теплоты на нужды отопления, вентиляции и горячего водоснабжения от ГТЭЦ становится зависимым от электрической нагрузки ГТЭЦ, которая зависит от температуры наружного воздуха и может иметь месячную и суточную неравномерность. В этом случае возникнут особенно негативные последствия, если ГТЭЦ работает вне энергосистемы. Для правильной оценки режимов работы ГТЭЦ в течение всего года крайне желательно перед началом проектирования ГТЭЦ иметь информацию об изменении расхода электрической энергии потребителями в зависимости от температуры наружного воздуха или при среднемесячных температурах воздуха в районе строительства.

Температура наружного воздуха влияет на расход и температуру выхлопных газов. Газовые турбины работают наиболее экономично при низких температурах наружного

воздуха, что определяет более низкие температуры и расходы выхлопных газов именно тогда, когда системе теплоснабжения нужно значительное количество тепловой энергии. Возникает несоответствие потребностей в тепловой энергии возможностям ее получения. Как правило, летом потенциал ГТЭЦ по отпуску тепловой энергии оказывается полностью не использованным. Наличие в составе оборудования ГТЭЦ пиковой котельной позволяет исправить положение, конечно, если есть соответствующая потребность в тепловой энергии.

В обычной котельной регулирование количества отпускаемой тепловой энергии производится чаще всего поворотом задвижки или вентиля, изменяющих расход газа в котел. Таким образом, достаточно легко плавно регулировать требуемую температуру воды на выходе из котла на нужном уровне при постоянном, как правило, расходе воды. На ГТЭЦ регулирование отпуска тепловой энергии практически возможно изменением расхода выхлопных газов, проходящих через поверхность нагрева каждого КУ, и количеством работающих КУ. Однако тепловая мощность каждого КУ постоянно меняется в зависимости от электрической нагрузки генераторов и температуры наружного воздуха. Плавное регулирование температуры воды в тепловой сети в этом случае крайне затруднено или вообще невозможно. Дискретное изменение тепловой мощности КУ чаще всего требует специальных графиков температур воды в подающем и обратном трубопроводах.

Изменять расход выхлопных газов через поверхности нагрева КУ можно одним способом - пропустить часть газов через параллельный (байпасный) газоход. Такой газоход, как правило, является составной частью КУ. Более того, для требуемого распределения потока выхлопных газов между двумя газоходами, в них устанавливается система шиберов. Учитывая размеры выхлопных газоходов газовых турбин, достигающих нескольких метров в длину и ширину, распределение потока выхлопных газов между двумя газоходами представляется достаточно сложной задачей. Ее решение затрудняется еще и высокой температурой газов, вследствие чего со временем возможно коробление шиберных механизмов. Следует учесть и то, что КУ, как правило, располагаются достаточно высоко над землей, что затрудняет и ручное управление шиберными механизмами, особенно зимой.

Расчет изменения тепловой мощности КУ при изменении расхода выхлопных газов, проходящих через поверхности нагрева возможен, но реализация результатов расчета в повороте шиберов представляется чрезвычайно сложной.

Способы защиты поверхностей нагрева котлов и КУ от коррозии не отличаются. Необходимо поддерживать температуру воды на входе в котел или КУ на уровне, позволяющем избежать конденсации водяных паров, содержащихся в выхлопных газах, на поверхностях нагрева. Для этого температура воды перед поверхностью нагрева должна быть выше температуры точки росы выхлопных газов. Температура точки росы определяется содержанием двуокиси углерода  $\text{CO}_2$  в продуктах сгорания газа. Содержание  $\text{CO}_2$  определяется коэффициентом избытка воздуха при сжигании газа в камере сгорания и последующим разбавлением продуктов сгорания газа воздухом перед лопатками турбины.

Для большинства газовых турбин коэффициент избытка воздуха будет не менее 3-4, а температура точки росы на уровне 30-32 °С. Значение температуры точки росы чрезвычайно важно для правильного формирования гидравлического режима работы ГТЭЦ. Предполагая возможность некоторых неточностей в определении температуры точки росы, температуру воды на входе в КУ надо поддерживать на уровне 50 °С. Эта рекомендация накладывает ограничения на формирование температурного графика отпуска тепловой энергии от ГТЭЦ. Конечно, можно держать температуру воды перед КУ выше 50 °С, но вследствие этого возникнут трудности с отпуском тепловой энергии в теплое время года. Вероятно, что при обеспечении только нагрузки горячего водоснабжения потребуется нагревать воду в КУ до температуры свыше 100 °С.

Следует иметь в виду, что на территории ГТЭЦ имеются объекты, которые надо снабдить тепловой энергией на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение (собственные нужды ГТЭЦ). Возникает проблема правильного определения графиков температур в тепловой сети для сторонних потребителей и потребителей собственных нужд.

Естественно, что температурный график для сторонних потребителей будет определяющим, а температурный график для потребителей собственных нужд вторичным. Если на территории ГТЭЦ нет котельной, которая может догреть воду, нагретую в КУ, то для сторонних потребителей расчетная температура воды в тепловой сети однозначно будет выбрана максимально допустимой техническими характеристиками КУ. Но такая температура воды может быть получена при расчетной температуре наружного воздуха только в одном случае, когда через КУ проходит расчетный расход выхлопных газов и расчетный (паспортный) расход воды. Этим условием ограничивается максимально возможный отпуск тепловой энергии по принятому температурному графику: расчетная тепловая мощность одного КУ, помноженная на их количество. При этом расчетный расход воды в тепловой сети должен быть равным расчетному расходу воды через один КУ, также помноженному на их количество. Только при выполнении указанных условий температурные графики у сторонних потребителей и потребителей собственных нужд могут быть одинаковыми. Однако такой случай маловероятен. Наиболее вероятно, что через КУ расход воды превышает расчетный, соответственно температура воды после нагрева в КУ будет ниже расчетной, что и определит возможный температурный график для потребителей собственных нужд. Для сторонних потребителей потребуется догревать воду в котельной до стандартной по заданному температурному графику. Наличие котельной на территории ГТЭЦ или в непосредственной близости позволит иметь для всех потребителей одинаковые расчетные температурные графики.

Поскольку тепловая мощность КУ регулируется чрезвычайно сложно, можно построить графики температур воды в тепловой сети в предположении, что мощность не регулируется, т.е. в любой момент времени, независимо от температуры воздуха, в КУ получается столько тепловой энергии, сколько позволяет расход выхлопных газов и их температура. Такие графики будут несколько отличаться от стандартных графиков в системах теплоснабжения [1].

Поскольку КУ расположены высоко над землей, к каждому из них по воздуху, или внутри помещений идут два теплоизолированных трубопровода от магистральных трубопроводов, расположенных на уровне земли или под землей. В зимнее время не работающие КУ и идущие к ним трубопроводы, надо защитить от замерзания. Иногда выключение КУ связано с остановкой турбины, а иногда с отсутствием потребностей в тепловой энергии. Из КУ воду просто сливают, а в трубопроводах искусственно организуют движение воды, открыв предусмотренную для этого перемычку между ними. Это приводит к тому, что расходы воды через работающие КУ уменьшаются, а температура воды в подающем трубопроводе тепловой сети окажется меньше температуры воды после каждого КУ. Этот факт должен быть обязательно учтен при расчете температурных графиков в тепловой сети. Вполне вероятно, что стандартные графики температур воды в сети окажутся непригодными.

Главным критерием экономичности работы системы теплоснабжения, в составе которой имеются ГТЭЦ и котельные, является коэффициент теплофикации [1]. Этот коэффициент характеризует долю ГТЭЦ в суммарном отпуске тепловой энергии данному конкретному объекту или, в другой редакции, долю тепловой энергии, которая получена без затрат топлива. Наиболее значимым является годовой коэффициент теплофикации, но его значения будут отличаться и в пределах месяца. Как правило, значения коэффициентов теплофикации в летние месяцы будут больше значений в зимние месяцы. Это связано с особенностью изменений расхода и температуры выхлопных газов от температуры наружного воздуха, о чем упомянуто выше. Для правильного определения коэффициента теплофикации необходимо знать закономерности изменения расхода и температуры выхлопных газов при любых температурах воздуха и мощности двигателя. Эти данные можно получить на заводе-изготовителе ГТУ. Следует иметь в виду, что изготовители газовых турбин и КУ, как правило, в паспортных данных приводят значения расходов и

температур выхлопных газов при температуре воздуха 15 °С и номинальной электрической мощности. В других условиях и расходы, и температуры газов будут другими.

#### Литература

1. Е.Я. Соколов. Теплофикация и тепловые сети. - М.: Издательство МЭИ, 2001, - 472 с.
2. В.П. Вершинский, Н.М. Коробов, З.П. Сорокина. Некоторые аспекты регулирования отпуска теплоты на теплоснабжение от газотурбинных ТЭЦ. - М.: «Промышленная энергетика». 2002, № 2, с. 29-31.
3. М.Б. Равич. «Эффективность использования топлива». - М.: Изд-во «Наука», 1977, 443 с.