

Структурные особенности тепловых схем мини-ТЭЦ с использованием противодавленческих паровых турбин

Значительный рост тарифов на электроэнергию, производимую электростанциями РАО «ЕЭС России», заставляет предприятия создавать собственные электрогенерирующие мощности, работающие автономно или в параллель с энергосистемой.

В последнее десятилетие рядом проектных организаций выполнены рабочие проекты строительства мини-ТЭЦ, в основном, на базе противодавленческих паровых турбин. Себестоимость электроэнергии, вырабатываемой на таких мини-ТЭЦ, в 4—5 раз меньше в сравнении с ценой, по которой обходится электроэнергия, закупаемая у энергосистемы. В этой статье обсуждаются основные структурные особенности тепловых схем мини-ТЭЦ, создаваемых при существующих паровых котельных.

Применение паровых противодавленческих турбин целесообразно в промышленных и отопительных котельных с низкими параметрами пара (1,4 МПа, 194—250 °С) при наличии значительных тепловых нагрузок систем отопления, вентиляции, горячего водоснабжения в десятки мегаватт. При небольших расходах технологического пара давлением 0,6—1,3 МПа, а также давлении насыщенного пара для технологических процессов до 0,4 МПа установка противодавленческих паровых турбин также экономически выгодна. Это связано с тем, что параметры пара после турбин позволяют производить отпуск теплоты основным потребителям в необходимом количестве при одновременной выработке электроэнергии.

Тепловая схема мини-ТЭЦ на основе противодавленческих паровых турбин и ее связь с тепловой схемой котельной зависят от величины тепловых нагрузок потребителей, типа системы теплоснабжения и оборудования, применяемого в котельной.

ОТКРЫТЫЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

В открытой системе теплоснабжения тепловая нагрузка ГВС относительно стабильна в течение года. Низкий потенциал горячей воды, температура которой в процессе приготовления изменяется от 5...15 до 70 °С, позволяет снижать противодействие турбины до 0,1—0,4 МПа, что существенно уменьшает расход па-



ра через турбину. Равномерный характер электрической нагрузки турбин в течение суток обеспечивается за счет использования существующих аккумуляторных баков горячей воды котельной.

В практике находят применение тепловые схемы мини-ТЭЦ для открытых систем теплоснабжения в схемах, как с атмосферными, так и с вакуумными деаэраторами. При формировании тепловых схем мини-ТЭЦ необходимо иметь в виду, что эффективная деаэрация в атмосферном деаэраторе имеет место при нагреве подпиточной воды на величину до 40 °С, в вакуумном деаэраторе — при нагреве до 25 °С. Возможно также сохранение режима работы атмосферных деаэраторов таким же, как и при работе только котельного оборудования.

Сравнительный анализ рассмотренных вариантов показывает, что тепловая схема, в которой для конденсации пара используется подпиточная вода после ОДВ, требует наименьших работ по реконструкции котельной и позволяет в любой момент вернуться к работе по существующей тепловой схеме. В связи с этим она представляется наиболее удачной для применения при строительстве мини-ТЭЦ.

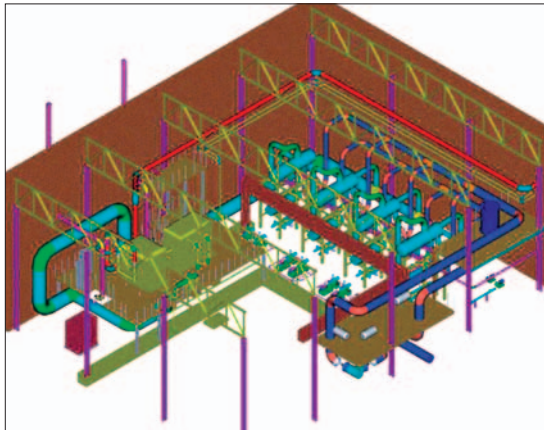
В схеме с атмосферным деаэратором пар после турбины подается в атмосферный деаэратор и в пароводяной подогреватель подпиточной воды котельной. В этом случае нагрев подпиточной воды в деаэраторе паром после турбины должен быть не более 40 °С, температура подпиточной воды на входе в деаэратор — не менее 64 °С. Следует иметь в виду, что пароводяной теплообменник котельной рассчитан на пар при давлении 0,6 МПа, температуре 154 °С, при меньших давлениях пара температурный напор между паром и водой уменьшается, нагрев подпиточной воды тоже уменьшается. Кроме того, при расстоянии в десятки или сотни метров между турбиной и котельной и противодействии 0,12 МПа затруднительно трассировать паропровод от турбины до деаэратора и теплообменников в условиях существующей котельной в связи с большими размерами паропровода. Например, для турбогенератора мощностью 3,5 МВт при расходе пара через турбину 46 т/час диаметр паропровода от турбины равен 830 мм. В связи с этим используют более высокое противодействие; например, на мини-ТЭЦ 2-й Пушкинской котельной (ЗАО «Лентеплоснаб», проектировщики ООО «Пластполимер — проектная часть», ОАО «Ленэнерго»), где установлен турбоагрегат мощностью 1,5 МВт, его величина равна 0,4 МПа. Увеличение противодействия приводит к уменьшению мощности турбоагрегата при заданном расходе пара через турбину.

Более часто находит применение схема, в которой пар после турбины подается в пароводяные теплообменники, устанавливаемые в машзале мини-ТЭЦ рядом с турбиной. Площадь поверхности теплообмена выбирается исходя из наименьшего противодавления для выпускаемых турбин, равного 0,12 МПа. Для охлаждения теплообменников мини-ТЭЦ используется подогретая подпиточная вода после охладителей деаэрированной воды (ОДВ), имеющая температуру на входе в теплообменники около 30—50 °С. После подогрева паром от турбин на 35—40 °С подпиточная вода подается в пароводяные теплообменники котельной и далее — в атмосферный деаэратор. В этом случае теплообменное оборудование котельной полностью сохраняется и не требует реконструкции.

Возможно применение тепловой схемы, в которой теплообменники мини-ТЭЦ охлаждаются исходной подпиточной водой или водой после химводоочистки, имеющей температуру 5—30 °С. После подогрева до 40—60 °С подпиточная вода направляется в ОДВ котельной. В результате уменьшения температурного напора между подпиточной и деаэрированной водой тепловая мощность ОДВ уменьшается и требуется его реконструкция с увеличением площади поверхности теплообмена. В этом случае площадь поверхности теплообмена пароводяных теплообменников машзала приблизительно в 2 раза меньше в сравнении с предыдущим вариантом, а площадь теплообменников ОДВ — в 2 раза больше.

Сравнительный анализ рассмотренных вариантов показывает, что тепловая схема, в которой для конденсации пара используется подпиточная вода после ОДВ, требует наименьших работ по реконструкции котельной и позволяет в любой момент вернуться к работе по

существующей тепловой схеме. В связи с этим она представляется наиболее удачной для применения при строительстве мини-ТЭЦ. Именно такая схема выбрана для мини-ТЭЦ Приморской (1-я очередь), 1-й и 2-й Правобережных, 2-й Ломоносовской котельных ГУП «ТЭК СПб» (проектировщик ЗАО «Невэнергопром»).



Тепловые схемы мини-ТЭЦ для открытых систем теплоснабжения с вакуумными деаэраторами имеют свои особенности.

В тепловой схеме мини-ТЭЦ в вакуумный деаэратор поступают греющий поток с температурой 130—150 °С, приготовленный в пароводяных теплообменниках котельной в межотопительный период за счет нагрева паром от РОУ котельной или в водогрейных котлах в отопительный период, и нагреваемый поток подпиточной воды с температурой 50 °С. Поток подпиточной воды с исходной температурой 5—15 °С нагревается до 40—50 °С в пароводяных теплообменниках машзала мини-ТЭЦ и далее при необходимости догревается до 50 °С за счет смешения с частью греющего потока. Следует отметить, что расход греющего потока в схеме мини-ТЭЦ приблизительно в 3 раза меньше, чем в схеме котельной. Это связано с предварительным подогревом подпиточной воды в теплообменниках мини-ТЭЦ. Такая тепловая схема выбрана для мини-ТЭЦ Приморской (2-я очередь) и Коломяжской котельных ГУП «ТЭК СПб» (проектировщик ЗАО «Невэнергопром»). Она тоже требует минимальных работ по реконструкции котельной.

Возможна работа вакуумного деаэратора на паре от турбин в качестве греющего потока. Однако работа деаэратора в новых условиях требует согласования с его режимными характеристиками.

ЗАКРЫТЫЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Для закрытых систем теплоснабжения могут быть рекомендованы тепловые схемы мини-ТЭЦ, имеющие следующую особенность. В этих схемах для охлаждения пара после турбины используется обратная сетевая вода. Пароводяные теплооб-

менники машзала подключаются последовательно с водогрейными котлами, так как только в этом случае можно сохранить расчетный температурный график регулирования тепловой нагрузки системы теплоснабжения. В первом варианте вся обратная сетевая вода тепловой магистрали проходит через теплообменники мини-ТЭЦ (мини-ТЭЦ ОАО «Вологодский оптико-механический завод», проектировщик ЗАО «Невэнергопром»), во втором варианте — только ее часть. В обоих случаях пароводяные теплообменники машзала подключаются к тепловой сети без использования сетевых насосов машзала.

В более сложном случае в тепловой схеме мини-ТЭЦ используются подкачивающие сетевые насосы. Такая схема применена на мини-ТЭЦ ОАО «Стройэнерго», г. Череповец (проектировщик ЗАО «Невэнергопром»), и ОАО «Агростройконструкция», г. Вологда (проектировщик ЗАО «ВНИПИ-Энергопром»).

Определенный интерес представляет тепловая схема мини-ТЭЦ с параллельным подключением теплообменников машзала и водогрейных котлов. Такая схема не требует установки дополнительных сетевых насосов, однако мощность теплового источника в этом случае снижается в связи с невозможностью значительного изменения расхода сетевой воды и падением температуры сетевой воды в подающей линии тепловой сети. Эта схема может быть использована в качестве резервной для открытой системы теплоснабжения. При переходе на закрытую систему теплоснабжения теплообменники сетевой и подпиточной воды будут охлаждаться сетевой водой с обеспечением номинального расхода пара через турбины. Такая схема применена на мини-ТЭЦ ОАО «Вологодский станкозавод» (проектировщик ЗАО «Невэнергопром») и рассматривается в качестве одного из вариантов на названных выше 5 котельных ГУП «ТЭК СПб».

Разнообразие реализованных в проектной практике схемных решений позволяет осуществить наиболее удачный выбор тепловой схемы, соответствующей конкретным условиям работы котельной, и обеспечить эффективную, маневренную работу мини-ТЭЦ.

В. А. ПЕТРУЩЕНКОВ, к. т. н., главный инженер, **В. В. ВАСЬКИН**, главный специалист ЗАО «Невэнергопром»

Определенный интерес представляет тепловая схема мини-ТЭЦ с параллельным подключением теплообменников машзала и водогрейных котлов. Такая схема не требует установки дополнительных сетевых насосов, однако мощность теплового источника в этом случае снижается в связи с невозможностью значительного изменения расхода сетевой воды и падением температуры сетевой воды в подающей линии тепловой сети. Эта схема может быть использована в качестве резервной для открытой системы теплоснабжения.

✉ ЗАО «Невэнергопром»
192012 Россия,
Санкт-Петербург, а/я 9
Тел./факс (812) 267-2138
Моб. тел. 8 (921) 304-1137
E-mail: pva38@online.ru