

Однако, получение в котле-утилизаторе пара, подаваемого на впрыск, обеспечивает достаточно глубокую утилизацию теплоты газов после газовой турбины. Температура газов на выходе из котла-утилизатора КПУ находится на уровне ее значений для утилизационных ПГУ, а это способствует снижению величины $\pi_{к,опт}$.

В результате значения $\pi_{к,опт}$ обеспечивающие максимальный электрический КПД контактных ПГУ, оказываются сравнимыми и даже несколько меньшими, чем для одноцелевых ГТУ при тех же значениях t_3 , и, естественно, возрастают при увеличении последней.

Литература

1. Парогазовая установка с впрыском пара: возможности и оптимизация параметров цикла / Стырикович М.А., Фаворский О.Н., Батенин В.М. и др // Теплоэнергетика. – 1995. – № 10. – С. 52 – 57.
2. Газоперекачивающая установка ГПУ16К – опыт + новые решения. – Николаев НПО "Машпроект", 1997.
3. Стационарные газотурбинные установки / Л.В. Арсеньев, В.Г. Тырышкин, М.А. Богов [и др.] / Под ред. Л.В. Арсеньева, В.Г. Тырышкина. Л.: Машиностроение. – 1989. – 543 с.

УДК 621.34

К выбору температурного графика теплосети при количественно-качественном способе регулирования тепловой нагрузки

Седнин А.В., Марченко П.Ю.

Белорусский национальный технический университет

В системе теплоснабжения РБ применяется центральное качественное регулирование отпуска теплоты потребителю, которое более эффективно при покрытии однородной нагрузки [1]. Однако в настоящее время тепловая нагрузка станций имеет неоднородный характер. Большое влияние на экономичность работы оборудования оказывает соотношение отопительной нагрузки и нагрузки ГВС, а также уровень автоматизации абонентских вводов потребителей. Для двух крупнейших ТЭЦ республики, Минской ТЭЦ-4 и Гомельской ТЭЦ-2, колебания рас-

ходов теплоносителя в течение дня в летний период составляют 25% и 30 % соответственно. Поэтому более перспективно в настоящее время применение метода количественно-качественного режима регулирования (ККР). Согласно применению данного метода требует технико-экономического обоснования.

Для определения эффективности реализации ККР первоначально необходимо определить оптимальный температурный график работы теплосети. Причем для данного режима оптимизируется не только температура теплоносителя, но и изменение расхода теплоносителя в течение года: т.к. в зависимости от продолжительности режима с малым расходом теплоносителя в значительной мере увеличивается эффективность внедрения ККР.

Построение графика температур для заданного режима расхода воды может быть выполнено решением уравнений теплового режима отопительной системы, в которых необходимо внести степенную зависимость изменения коэффициента теплопередачи нагревательных приборов. Он изменяется в зависимости от разности температур прибора и окружающей воды [2]:

$$k = c(t_1 + t_2 - 2t_B)^{0,25},$$

где c – теплоемкость воды, кДж/(кг·К); t_1 – температура теплоносителя в падающих трубах, °С; t_2 – температура теплоносителя в обратных трубах, °С; t_A – температура внутри помещения, °С.

Т.о. необходимая система уравнений имеет вид:

$$\frac{t_B - t'_H}{t_B - t_H} = \frac{[t'_C + (2u + 1)t'_2 - 2(u + 1)t_B]^{1,25}}{[t_C + (2u + 1)t_2 - 2(u + 1)t_B]^{1,25}} = \frac{G'(t'_C - t'_2)}{G(t_C - t_2)},$$

где t_f – температуру наружного воздуха, °С; u – коэффициент смешения элеватора; G – расход сетевой воды, кг/ч; индекс ' – те же величины, но при произвольном расходе теплоносителя.

Решая данное уравнение, находим:

$$t'_C = t_B + \left[\frac{t_C + (2u + 1)t_2}{2(u + 1)} - t_B \right] \left(\frac{t_B - t'_H}{t_B - t_H} \right)^{0,8} +$$

$$+ \frac{(2u+1)G(t_C - t_2)(t_B - t'_H)}{2(u+1)G'(t_B - t_H)};$$

$$t'_2 = t_B + \left[\frac{t_C + (2u+1)t_2}{2(u+1)} - t_B \right] \left(\frac{t_B - t'_H}{t_B - t_H} \right)^{0,8} -$$

$$\frac{G(t_C - t_2)(t_B - t'_H)}{2G'(u+1)(t_B - t_H)};$$

Для расчетных условий $t_C = 150^\circ\text{C}$, $t_2 = 70^\circ\text{C}$, $t_B = 18^\circ\text{C}$, $t_H = -24^\circ\text{C}$, $u = 2,2$ и введя коэффициент $p = G' / G$ получаем:

$$t'_C = 18 + 2,91(18 - t'_H)^{0,8} + 1,61(18 - t'_H)p^{-1};$$

$$t'_2 = 18 + 2,91(18 - t'_H)^{0,8} - 0,3(18 - t'_H)p^{-1}.$$

По данным формулам можно построить температурный график теплосети для любых значений расхода теплоносителя. На рисунке 1 показан трехступенчатый график температур.

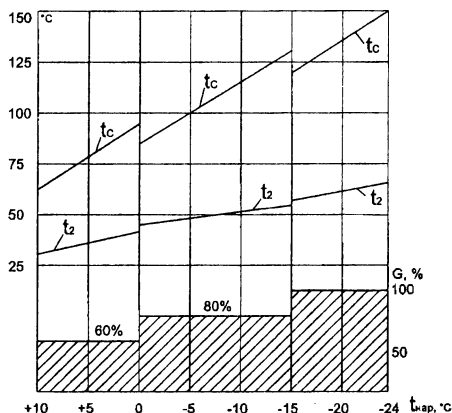


Рисунок 1. Трехступенчатый график регулирования

Для оценки экономического эффекта, а именно экономии расхода электроэнергии на перекачку теплоносителя, на рисунке 2 показан аналогичный график, но в зависимости от количества часов с одинаковой температурой наружного воздуха.

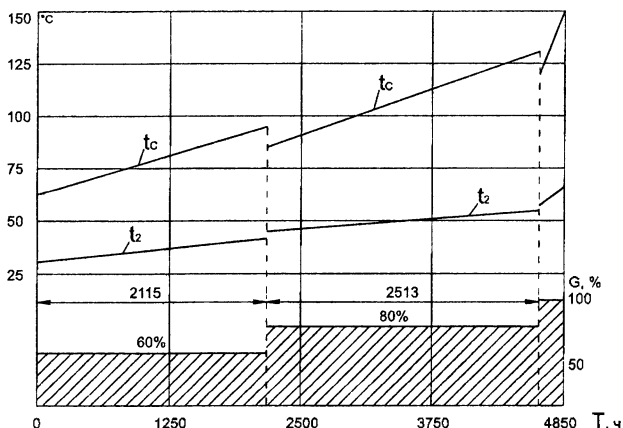


Рисунок 2. Трехступенчатый график регулирования.

При таком графике ступенчатого количественно-качественного регулирования тепловые сети работали бы со 100% расходом сетевой воды весьма ограниченное время – всего 230 часов (для климатических условий г. Минска).

Учитывая, что расход электроэнергии сетевыми насосами пропорционален третьей степени изменения расхода воды, в приведенном графике расходуемая насосами мощность при уменьшении расхода воды до 80 % падает до 51,2 % и при уменьшении расхода воды в тепловых сетях до 60 % расходуемая мощность падает до 21,6 %.

Однако для оптимизации температуры сетевой воды и определения оптимального числа ступеней графика регулирования необходимо рассчитать экономический эффект.

Основным критерием эффективности для действующих систем теплоснабжения следует принимать затраты топлива на производство и транспорт тепловой энергии – критерий, изначально принятый для обоснования качественного температурного графика отпуска теплоты.

В случае отпуска теплоты от ТЭЦ данный критерий будет состоять из следующих параметров:

расход топлива на производство теплоты $Q_{отп}$, которая состоит из тепловой нагрузки потребителей $Q_{пот}$ и тепловых потерь при транспорте тепловой энергии от станции до теплового потребителя $Q_{тр}$;

расход топлива на производство электроэнергии, потребляемой приводами сетевых насосов.

Кроме того, необходимо учесть тесную взаимосвязь режимов турбины и системы теплоснабжения, т.к. при изменении тепловой нагрузки наиболее существенно изменяются режимы регулирующих ступеней ЧВД, теплофикационные отсеки (группы ступеней, предшествующие регулируемым отборам пара), промежуточный отсек, часть низкого давления турбины.

Литература

1. Соколов, Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. – М.: Издательство МЭИ, 2001. – 472с.
2. Дюскин, В.К. Количественно-качественное регулирование тепловых сетей. – М.: Энергоиздат, 1959. – 147 с.

УДК 621.311

Пути реконструкции ТЭЦ малой мощности Республики Беларусь

Седнин А.В., Богданович М.Л.

Белорусский национальный технический университет

В 50-ые годы прошлого столетия в ряде областных и районных центрах республики вводились тепловые электрические станции (ТЭС) со средними параметрами свежего пара по типовым проектам "Промэнергопроект". На многих ТЭС устанавливалось оборудование находившееся до этого момента в эксплуатации. Такое решение было связано с нехваткой средств, для покрытия нужд энергетической отрасли государства. В 70-ые годы многие конденсационные турбоагрегаты, на ТЭС средних параметров, были демонтированы, либо переведены в режим работы с "ухудшенным" вакуумом. В результате чего, многие городские электрические станции перешли в разряд теплоэлектроцентралей (ТЭЦ). Дальнейшее развитие теплофикации областных городов осуществлялось за счет ввода на ТЭЦ малой мощности пиковых водогрейных котлов, и лишь в наиболее значимых промышленных центрах строились крупные промышленно-отопительные ТЭЦ [1].

На сегодняшний день в составе концерна "Белэнерго" насчитывается около полутора десятков ТЭЦ малой мощности, часть